

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-025541

(43)Date of publication of application : 28.01.1997

(51)Int.Cl.

C22C 38/00

B21B 1/16

B21B 19/04

C21D 8/06

C22C 38/24

C22C 38/58

(21)Application number : 07-175318

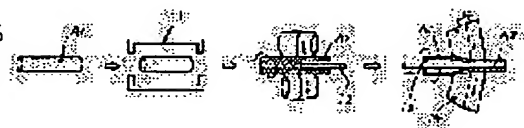
(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 12.07.1995

(72)Inventor : KUNITANI NORIHITO  
ASAKAWA MOTOO  
FURUKATA MUNEKATSU**(54) NON-HEAT-TREATED HOLLOW ROLLED BAR STEEL HAVING HIGH STRENGTH AND HIGH TOUGHNESS AND ITS PRODUCTION****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a long-size hollow bar steel increased in the ratio between wall thickness and outside diameter by respectively specifying, at a cross helical rolling mill, the temp. before rolling, rolling temp., and outside diameter reduction rate of a steel having a specific composition where Cr, V, N, etc., are added and further specifying the structure and crystalline grain size of the steel, respectively.

**SOLUTION:** A round billet A1, having a composition consisting of, by weight, 0.20-0.60% C, 0.05-1.50% Si, 0.30-2.00% Mn, 0.02-1.00% Cr, 0.01-0.30% V, 0.005-0.020% N,  $\leq 0.20\%$  Cu,  $\geq 1.0\%$  Ni,  $\leq 0.20\%$  Mo,  $\leq 0.40\%$  Nb,  $\leq 0.05\%$  Al,  $\leq 0.35\%$  Pb,  $\leq 0.20\%$  Bi,  $\leq 0.10\%$  S,  $\leq 0.20\%$  Te,  $\leq 0.01\%$  Ca, and the balance Fe, is heated to 950-1250° C in a heating furnace 11 and pierced into a hollow stock satisfying (wall thickness)/(outside diameter)  $\geq 0.1$ . A mandrel 13 is inserted into the hollow stock, and then, diameter reduction working and wall thickness working, satisfying  $\leq 0.2$  outside diameter reduction rate and (wall thickness draft)/(outside diameter reduction rate)  $< 0.55$ , are applied at 700-950° C by means of a cross helical rolling mill. By the above procedure, the ratio of wall thickness to outside diameter is regulated to 0.25-0.40 and a structure composed of ferrite and pearlite is formed, and further, the crystalline grain size of ferrite is regulated to JIS grain size number 6-12.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 09.10.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 17.10.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

## [Claim(s)]

[Claim 1] By weight %, C:0.20 - 0.60%, Si:0.05-1.50%, Mn: 0.30-2.00%, Cr:0.02-1.00%, V:0.01 - 0.30%, N:0.005 - 0.020%, less than [ Cu:0.20% ], less than [ nickel:1.0% ], Mo: Less than [ 0.20% ], less than [ Nb:0.40% ], less than [ aluminum:0.05% ], Pb: Less than [ 0.35% ], less than [ Bi:0.20% ], S:0.10% or less, Contain less than [ Te:0.20% ] and less than [ calcium:0.01% ], and the remainder consists of a presentation of Fe and an unescapable impurity. Moreover, an organization is [ the grain size numbers of said ferrite ] the JIS grain-size numbers 6-12 in a ferrite pearlite, and thickness / "outer-diameter" ratio is the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar of 0.25-0.40.

[Claim 2] A presentation punches him by the piercer, after heating the piece of round steel according to claim 1, or a round steel lump in a 950-1250-degree C temperature region. Thickness / "outer-diameter" ratio 0.1 or more hollow material and nothing, Subsequently, the skew rolling machine which inserted the mandrel in said hollow material as an inside regulation tool, was made to attend the circumference of the pass line, and arranged three rolls at equal intervals is used. Add 0.2 or more at the rate of outer-diameter diameter reduction, and less than 0.55 diameter reduction processing and thick processing are added in a 700-950-degree C temperature region by thick rolling reduction / "rate of outer-diameter diameter reduction" ratio. The manufacture approach of high intensity and a quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar that moreover the grain size number of said ferrite makes [ thickness / "outer-diameter" ratio ] 0.25 to 0.40, and an organization with the JIS grain-size numbers 6-12 by the ferrite pearlite.

[Claim 3] After thickness / according to claim 1 "outer-diameter" ratio heats [ a presentation ] 0.1 or more hollow material in a 950-1250-degree C temperature region, The skew rolling machine which inserted the mandrel in said hollow material as an inside regulation tool, was made to attend the circumference of the pass line, and arranged three rolls at equal intervals is used. Add 0.2 or more at the rate of outer-diameter diameter reduction, and less than 0.55 diameter reduction processing and thick processing are added in a 700-950-degree C temperature region by thick rolling reduction / "rate of outer-diameter diameter reduction" ratio. The manufacture approach of high intensity and a quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar that moreover the grain size number of said ferrite makes [ thickness / "outer-diameter" ratio ] 0.25 to 0.40, and an organization with the JIS grain-size numbers 6-12 by the ferrite pearlite.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar of a minor diameter heavy-gage long picture with which die length is about 2-6m in 20-70mm, and an outer diameter has high dimensional accuracy especially, and its manufacture approach about high intensity, a quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar, and its manufacture approach. Piercing is performed to the solid steel bar which has the size near a current final product in more detail by cutting, and subsequently the so-called "temper processing" of hardening annealing is performed, or it has the long hollow steel bar which carries out piercing and is used as an object for the materials of various machine structural parts by cutting after temper processing, the reinforcement more than an EQC, and toughness, and is related with the non-temper hollow rolling steel bar which moreover does not require piercing by the aforementioned cutting, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, hardening annealing etc. was heat-treated and a machine structural part has been manufactured while it performs processing called "the 2 or 3rd processing" by the steel materials rolled out or forged between heat, namely, performs plastic working, such as cutting and forging, between the colds. However, since there are many routing counters, this "2 or 3rd processing" will make the manufacturing cost of a final product high, while requiring great energy.

[0003] As conventionally shown in drawing 6, after a gun drill punches the hole 63 of the minor diameter for air vents at the cylinder section 61 using the steel bar which carried out the temper, the rack bar which is the machine structural part which receives the above-mentioned "2 or 3rd processing", for example, the power steering system components of an automobile, carried out cutting of the rack gear tooth 64 to the rack section 62, performed induction hardening and deflection picking and has been manufactured. After the input shaft which is similarly one of the components for automobiles also performs normalizing processing to a solid steel bar, it performs outside cutting and core gun-drill processing, and is manufactured. Furthermore, after, as for the thing of minor diameter size, a piston pin's also punching a solid steel bar with cold forging, and cutting punching the thing of large-sized size and broaching subsequently, hardening tempering processing is performed and it is manufactured.

[0004] Therefore, the motion which is going to skip heat treatment processes, such as hardening annealing, in the first place first, and is going to aim at reduction of consumption energy and manufacture down stream processing became large, and the steel materials heat-treated with rolling between heat or forging, micro alloying steel equipped with the equivalent mechanical property, and its manufacture approach have been proposed.

[0005] For example, the "manufacture approach of a high intensity non-temper steel bar" proposed by JP,61-170513,A corresponds to it. A proposal given in this official report tends to perform rolling and forging between the heat which specified working temperature to the steel materials which made medium carbon steel contain comparatively a lot of S with V of a minute amount, and tends to obtain the non-temper steel bar which specified the cooling conditions after forging further and was [ as / hot-forging ] excellent in toughness and ductility with high intensity. By such proposal, surely, the abbreviation of "temper processing" could be aimed at and it became reducible [ the manufacturing cost of a machine structural part ] also in heat treatment. However, each proposal about this kind of conventional micro alloying steel and its conventional manufacture approach could not be a thing for solid steel materials.

[0006] Extension rolling of the steel materials which have specific chemical composition in JP,61-264130,A on the other hand is carried out for three pieces or four rolls using the skew rolling machine arranged mostly at equal intervals, as compared with the case where the conventional groove rolling machine is used, it is little workability, and the method of obtaining the non-temper rolling steel bar which has a mechanical property equivalent to the case where normalizing processing is performed is proposed. It has a publication also when obtaining the hollow bar as a product by being made from a hollow bar it not only obtaining a solid bar, but, that it can apply, using this approach as a product by being made from a solid bar. However, although the proposal in said official report called the "non-temper rolling steel bar", the stereo was only what can omit "normalizing" currently performed as pretreatment of "temper processing" of hardening annealing, therefore even if it could obtain the hollow bar as a product, it was what can only omit piercing by cutting and must still perform temper processing. Furthermore, it was also what cannot be said that the dimensional accuracy (thickness deviation, bore roundness, etc.) of a rolling [ of the hollow bar obtained by the aforementioned approach ] as is not necessarily enough for the important Safety Department article application of an automobile.

[0007] On the other hand, piercing by the above mentioned gun drill has been made into a process required to process the hole for supplying a liquid and a gas to the shaft orientations in machine structural steel worker components, such as a rack bar and an input shaft. Furthermore, especially recently, the demand given to wanting to lightweight-ize this and to lightweight-ize the whole automobile to autoparts for the purpose of maintenance of earth environment, operation[ high-speed ]-izing, comfortable drive nature, etc. is large. Therefore, piercing by the aforementioned gun drill was what has

effectiveness also to hollow-izing demanded from a viewpoint of lightweight-izing. However, it is a serious failure when the aforementioned piercing process also aims at reduction of consumption energy and production processes, and improvement in the yield. In addition, punching of long material which exceeds 1m in machining by a gun drill etc. had a problem extremely in respect of dimensional accuracy, and punching of long material was substantially impossible.

[0008] Therefore, the manufacture approach of a rack bar made from the non-temper seamless steel tubes manufactured by the usual approach, for example in JP,5-345231,A is indicated. Namely, as shown in drawing 7, while it is made from the non-temper seamless steel tubes which have the thickness which can be cut to "rack tooth form, and it has been thick and carrying out [ which can be cut to rack tooth form ] plastic working of the rack gear-tooth cutting section 72 to the shape of flatness to the rack gear-tooth cutting height  $h_7$  [ that cutting of a rack gear tooth is performed after performing thinning plastic working to the cylinder section 71", and ] The manufacture approach of "performing cutting of a rack gear tooth by cold drawing processing after [ which the rack gear-tooth cutting section 72 can cut to the rack tooth form ] it supposes that it is thick and the cylinder section 71 processes it into the shape tube of thin meat" is proposed.

[0009] However, it had the problem that the rack bar which the inside configuration of the seamless steel tubes manufactured by the usual approach was made from the seamless steel tubes of a hot rolling as since [ beautiful ] it was not circular, and was manufactured by the approach of a publication in said official report had low twist reinforcement. Therefore, in order to raise the precision of an inside configuration, processing between the colds was what is indispensable and does not necessarily lead to reduction of a process or cost.

[0010] Moreover, like an input shaft (refer to drawing 8) or a rocker arm shaft, when made from the usual steel pipe about the components which perform cutting with a stage to the external surface side, there is no chipping allowance at the small light-gage steel pipe of thickness / "outer-diameter" ratio, and the processing with a stage itself is impossible, for example.

[0011] For this reason, unlike the usual seamless steel tubes, thickness / "outer-diameter" ratio is large, and, moreover, the demand to a long hollow steel bar is very high.

[0012] There are the following four approaches as main conventional techniques of manufacturing a heavy-gage hollow steel bar and seamless steel tubes by plastic working.

[0013] Process drawing of the 1st approach (henceforth the conventional technique 1) is shown in drawing 3. As the conventional technique 1 manufactures a hollow steel bar by the pass roll train and shows it to drawing 3 (b) Punch slab B1 by machining by the drill, and hollow material B-2 of a square shape is manufactured. Next, as shown in this drawing (b), the rodding 31 of the quality of the material with large coefficients of thermal expansion, such as manganese steel, is inserted in hollow material B-2. After heating this to necessary temperature in a heating furnace (this drawing (Ha)), it is the approach of rolling out in a predetermined dimension using a pass roll train as shown in this drawing (d), sampling said rodding 31 as shown in this drawing (e) after cooling, and manufacturing the hollow bar B3. However, by the approach by this conventional technique 1, there is a problem of the inside dimensional accuracy of a product getting worse and generating thickness deviation at the time of rolling in a pass roll train in order to also deform plastically rodding 31 the very thing. Furthermore, since rodding 31 deforms plastically, it will use and throw away, and a tool material unit also has the trouble that it is high and uneconomical.

[0014] The 2nd approach (henceforth the conventional technique 2) is approaches of manufacturing the comparatively heavy-gage seamless steel tubes usually called assel mill rolling, and shows the process to drawing 4.

[0015] The conventional technique 2 is the skew rolling method for using a mandrel as an inside regulation tool, and the technical contents are indicated in detail by the 2,984-996 pages (\*\*\*\*\* November 20, Showa 55 issue) of the 3rd edition steel 3rd volume handbooks. Hereafter, it explains by referring to said reference. Assel mill rolling is said to be suitable for manufacture of a comparatively heavy-gage steel pipe, especially the steel pipe for bearing in seamless steel tubes.

[0016] As shown in drawing 4, the piece C1 of round steel is heated by necessary temperature after inserting in the heating furnace of this drawing (\*\*), is continuously punched by Mannesmann piercer of this drawing (Ha), and serves as an element tube C2. Next, a mandrel 41 is inserted in this element tube C2 like this drawing (d), an outer diameter and thickness are pressed down by the assel mill incorporating the roll 42 which has the special configuration called a hump, and it considers as tubing C3. After sampling a mandrel 41 from tubing C3 and heating tubing C3 with the reheating furnace of this drawing (e) after rolling, as shown in this drawing (\*\*), the diameter of an outer diameter is reduced with a sinking mill, it makes with the hollow material C4, and, subsequently to a target dimension, the finishing tubing product C5 is manufactured for an outer diameter by the Rota resizer of this drawing (g).

[0017] Also when manufacturing a heavy-gage hollow bar by the approach of the conventional technique 2, there are the following troubles.

[0018] The greatest description of assel mill rolling is rolling out with the roll 42 which has the level difference called the hump shown in drawing 5. It is said that an operation of this hump is rolling out, performing thick processing rapidly in this part, extending an ingredient in the direction of a tube axis positively, and preventing the expansion by the side of an outer diameter. If the roll which does not have a hump performs big thick processing, the expansion deformation by the side of the outer diameter of an ingredient may become large, the dimensional accuracy of tubing may get worse, when excessive, a triangle-like blister (called the flare) may occur [ a cross section ] at the time of rolling of the ingredient back end section, and it may result in rolling impossible.

[0019] If it is said that the outer diameter in the hump section and a thick rolling draft turn into an amount almost equal to hump height  $h$ , consequently the rate  $R_d$  of outer-diameter diameter reduction is compared with the thick rolling reduction  $R_t$ , generally the direction of  $R_t$  is large.

[0020] In addition,  $R_d = (d_0 - d_1) / d_0$ , and  $R_t = (t_0 - t_1) / t_0$   $d_0$  The outer diameter before rolling of hollow material, and  $d_1$  The outer diameter after rolling of hollow material, and  $t_0$  The thickness before rolling of hollow material, and  $t_1$  It is the thickness after rolling of hollow material.

[0021] Moreover, the thickness / "outer-diameter" ratio  $t_0$  before rolling of an assel mill /  $d_0$  The thickness / "outer-

diameter" ratio  $t_1$  after rolling /  $d_1$  It is said that the direction after rolling becomes small almost equally and generally. [0022] Therefore, in order to manufacture tubing with which thickness differs from a "outer-diameter" ratio, it is  $t_0$  in the punching rolling phase of an element tube /  $d_0$ .  $t_1$  /  $d_1$  after rolling It is necessary to punch a near dimension.  $t_1$  after assel mill rolling /  $d_1$  a big product — obtaining — punching material — if it puts in another way —  $t_0$  before assel mill rolling /  $d_0$  It is necessary to consider as a big thing. [ therefore, ] That is, heavy-gage punching must be carried out by the piercer, for this reason, the diameter of a plug rod becomes thin inevitably, and there is a problem that a limitation will be generated itself in punching of the heavy-gage material in a piercer, from the problem of the buckling of the rod by thrust loading at the time of punching.

[0023] The 3rd approach (henceforth the conventional technique 3) The hollow material which is the approach currently indicated by JP,59-4905,A, and was punched and obtained, without using an inside regulation tool It is the manufacture approach of the heavy-gage hollow bar to which reduces the outer diameter and thickness of a hollow bar with a target finishing outer diameter and the skew rolling machine which responds thickly and has three pieces which can adjust the decussation angle  $\gamma$  and the tilt angle  $\beta$  (refer to drawing 2 ), or four cone forming rolls, and a target dimension is made.

[0024] As described above, it is characterized by carrying out skew rolling of the approach of the conventional technique 3 without using an inside regulation tool. If the combination of a decussation angle and a tilt angle is changed as indicated by said official report, it is possible to obtain the minor diameter heavy-gage steel pipe of an average target dimension. However, as a result of this invention persons' doing detailed experiment and research about this approach, when an inside regulation tool was not used, since the inside of hollow material deformed freely during rolling, it became clear that an inside configuration becomes unstable and that dimensional accuracy gets worse. That is, although the approach of the conventional technique 3 is what surely was excellent as the manufacture approach of a hollow bar which does not need close dimensional accuracy, it is not what was not necessarily suitable to manufacture of the hollow bar which requires high dimensional accuracy.

[0025] The 4th approach (henceforth the conventional technique 4) is approaches currently indicated by JP,4-135004,A, and is the skew rolling approaches of joint ductlessness to which reduce the outer diameter of an element tube and a target dimension is made with the skew rolling machine which has three rolls, using a plug as an inside regulation tool of tubing.

[0026] However, it became clear that lubricant will be consumed during rolling even if it fully applies the lubricant between heat to a plug before rolling, and printing was especially produced to a plug in rolling of long minor diameter heavy-gage hollow material by it since the plug side with which rolling is presented is limited to a part by detailed experiment of this invention persons when a plug is used as an inside regulation tool of tubing. Therefore, it cannot be said that the approach of the conventional technique 4 is also suitable as the manufacture approach of the hollow bar of a practical long picture. [0027] furthermore — the above-mentioned conventional techniques 1-4 — heating before the hot working — prolonged heating — it was also heating of multiple times in many cases, therefore when using it as a machine structural part, the surface decarburization which poses a problem became remarkable, and it was also a thing also including problems, such as a fall of surface hardness, and a fall of fatigue strength.

[0028]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] This invention makes it a technical problem to offer the high intensity, the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar, and its manufacture approach of the minor diameter heavy-gage long picture which was made in view of the above-mentioned present condition, and an outer diameter with much need is 20-70mm, and die length is about 2-6m, and has high dimensional accuracy in the industrial world.

[0029]

[Means for Solving the Problem] this invention person repeated an experiment and examination per [ which can manufacture with high precision and cheaply a minor diameter heavy-gage hollow rolling steel bar using a skew rolling machine first ] approach. Consequently, the thickness / "outer-diameter" ratio  $t_1$  after rolling /  $d_1$  In the skew rolling of the hollow bar of a heavy-gage minor diameter which are 0.25-0.4, it came to acquire the knowledge of the following \*\* - \*\*.

[0030] \*\* In order [ which a cross section deforms in the shape of 5 square shapes ] are square and to prevent a phenomenon, thickness / "outer-diameter" ratio must use 0.1 or more hollow material as a material.

[0031] \*\* Depending on thick rolling reduction ( $R_t$ ) / "rate of outer-diameter diameter reduction ( $R_d$ )" ratio, if a  $R_t/R_d$  ratio becomes 0.55 or more, dimensional accuracy will get worse notably and a spiral-like mark will generate dimensional accuracy in an inside side.

[0032] \*\* If it is when a product is a minor diameter thick wall tube, since the mandrel as an inside regulation tool also serves as a minor diameter and a load serves as size extremely, thinning processing must be made comparatively small so that  $R_t/R_d$  may become less than 0.55.

[0033] \*\* If said  $R_t/R_d$  ratio performs [ thickness / "outer-diameter" ratio ] skew rolling on less than 0.55 conditions, using a mandrel as an inside regulation tool, using 0.1 or more hollow material as a material, the hollow steel bar of high dimensional accuracy will be obtained. In this case, the subsequent correction process is unnecessary.

[0034] then — next, the rolled bar affair was examined to the minor diameter heavy-gage hollow rolling steel bar manufactured using the skew rolling machine in the chemical composition and the organization list for giving the long hollow steel bar which performs hardening tempering processing of a type conventionally and is used as an object for the materials of various machine structural parts, the reinforcement more than an EQC, and toughness with the non-temper, i.e., rolling. Consequently, the knowledge of the following \*\* - \*\* was acquired.

[0035] \*\* C, Si, Mn, Cr, V, and N must be added as an indispensable component, and the content must be adjusted to the proper range.

[0036] \*\* Whenever [ before rolling / stoving temperature / of the material which has the above-mentioned chemical composition ] needs to be controlled.

[0037] \*\* It is important to regulate the rolling temperature and the rate of outer-diameter diameter reduction in a skew

rolling machine.

[0038] \*\* The grain size number of a ferrite pearlite, nothing, and a ferrite must be adjusted for the organization after rolling to a proper field.

[0039] This invention based on the above-mentioned knowledge makes a summary the manufacture approach of the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar shown in the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar shown in following (1) and (2), and (3).

[0040] By weight %, (1) C:0.20 - 0.60%, Si:0.05-1.50%, Mn: 0.30-2.00%, Cr:0.02-1.00%, V:0.01 - 0.30%, N:0.005 - 0.020%, less than [ Cu:0.20% ], less than [ nickel:1.0% ], Mo: Less than [ 0.20% ], less than [ Nb:0.40% ], less than [ aluminum:0.05% ], Pb: Less than [ 0.35% ], less than [ Bi:0.20% ], S:0.10% or less, Contain less than [ Te:0.20% ] and less than [ calcium:0.01% ], and the remainder consists of a presentation of Fe and an unescapable impurity. Moreover, an organization is [ the grain size numbers of said ferrite ] the JIS grain-size numbers 6-12 in a ferrite pearlite, and thickness / "outer-diameter" ratio is the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar of 0.25-0.40.

[0041] After a presentation heats the piece of round steel or a round steel lump given in the above (1) in a 950-1250-degree C temperature region, it punches by the piercer. Thickness / "outer-diameter" ratio (2) 0.1 or more hollow material and nothing. Subsequently, the skew rolling machine which inserted the mandrel in said hollow material as an inside regulation tool, was made to attend the circumference of the pass line, and arranged three rolls at equal intervals is used. a 700-950-degree C temperature region — the rate of outer-diameter diameter reduction (Rd) — 0.2 or more, and thick rolling reduction / "rate of outer-diameter diameter reduction" (Rt/Rd) ratio — less than 0.55 diameter reduction processing and thick processing — in addition The thickness / "outer-diameter" ratio t1 after rolling / d1 0.25 to 0.40, and the manufacture approach of high intensity and a quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar that moreover the grain size number of said ferrite makes an organization with the JIS grain-size numbers 6-12 by the ferrite pearlite.

[0042] (3) The thickness / "outer-diameter" ratio t0 before rolling with a presentation given in the above (1) / d0 After heating 0.1 or more hollow material in a 950-1250-degree C temperature region, The skew rolling machine which inserted the mandrel in said hollow material as an inside regulation tool, was made to attend the circumference of the pass line, and arranged three rolls at equal intervals is used. Add 0.2 or more by Rd and less than 0.55 diameter reduction processing and thick processing are added by the Rt/Rd ratio in a 700-950-degree C temperature region. The thickness / "outer-diameter" ratio t1 after rolling / d1 0.25 to 0.40, and the manufacture approach of high intensity and a quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar that moreover the grain size number of said ferrite makes an organization with the JIS grain-size numbers 6-12 by the ferrite pearlite.

[0043] Each requirement for above-mentioned (1) - (3) is explained in detail below with the operation effectiveness. In addition, "% of a quantitative formula" means "% of the weight."

[0044] (A) Chemical composition C:C is an important element which governs reinforcement and toughness. In order to obtain desired reinforcement, to contain 0.20% or more is required. However, when a content exceeds 0.60%, the increment in a pearlite molar fraction will take place, and degradation of toughness will be caused. Therefore, the content of C was made into 0.20 - 0.60%.

[0045] Si:Si has the operation which aims at stabilization of deoxidation of steel, and improvement in reinforcement. However, since it came to have caused the fall of toughness when the effectiveness of a request of the content at less than 0.05% was not acquired but it exceeded 1.50%, the content of Si was made into 0.05 - 1.50%.

[0046] Mn:Mn has the operation which raises reinforcement. However, the effectiveness of a request of the content at less than 0.30% is not acquired, but if it exceeds 2.00%, hardenability will become remarkably high and a desired organization and a desired mechanical property will no longer be acquired. Therefore, the content of Mn was made into 0.30 - 2.00%.

[0047] Cr:Cr has the operation which raises reinforcement like Mn. However, the effectiveness of a request of the content at less than 0.02% is not acquired. On the other hand, if it is made to contain exceeding 1.00%, hardenability will go up remarkably and a desired organization and a desired mechanical property will no longer be acquired. Therefore, the content of Cr was made into 0.02 - 1.00%.

[0048] The nitride and carbon nitride which deposit in the case of the transformation to a ferrite phase from an austenite phase carry out a distributed deposit at a ferrite phase, and V:V strengthens a ferrite. Moreover, it has the operation which promotes detailed-ization of crystal grain and raises reinforcement and toughness. However, the content was deficient in the addition effectiveness at less than 0.01%, and even if it made it contain exceeding 0.30% on the other hand, in order that the improvement effectiveness in on the strength might be saturated and might only raise a manufacturing cost, it made the content of V 0.01 - 0.30%.

[0049] N: N has the operation which makes crystal grain detailed and carries out toughening of the steel while it forms a nitride and carbon nitride in V and a ferrite and raises reinforcement. However, since it came to have brought about the fall of toughness on the contrary when the effectiveness of a request of the content at less than 0.005% was not acquired but it exceeded 0.02%, the content of N was made into 0.005 - 0.02%.

[0050] It is not necessary to add Cu:Cu. If it adds, it will contribute to improvement in reinforcement, toughness, and weatherability. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Cu, it is desirable to consider as 0.01% or more of content. However, if the content exceeds 0.20%, hot-working nature will fall and a manufacturing cost will be rises. Therefore, the upper limit of Cu content was made into 0.20%.

[0051] It is not necessary to add nickel:nickel. If it adds, it will contribute to improvement in hardenability, reinforcement, toughness, and weatherability. In order to acquire this effectiveness certainly, as for nickel, it is desirable to consider as 0.05% or more of content. However, if the content exceeds 1.0%, it will become easy to produce a transformation to bainite, and toughness will be degraded conversely, and a manufacturing cost will also be also rises.

[0052] Therefore, the upper limit of nickel content was made into 1.0%.

[0053] It is not necessary to add Mo:Mo. If it adds, it will contribute to improvement in hardenability, reinforcement, toughness, and weatherability. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Mo, it is desirable to consider as



0.03% or more of content. However, if the content exceeds 0.20%, it will become easy to produce a transformation to bainite, toughness will be degraded conversely, and a manufacturing cost will be rises. Therefore, the upper limit of Mo content was made into 0.20%.

[0054] It is not necessary to add Nb:Nb. If it adds, while the nitride and carbon nitride will control big and rough-ization of austenite crystal grain, it contributes to precipitation strengthening. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Nb, it is desirable to consider as 0.005% or more of content. However, if the content exceeds 0.40%, the improvement effectiveness in on the strength will be saturated, and will be that a manufacturing cost rises. Therefore, the upper limit of Nb content was made into 0.40%.

[0055] It is not necessary to add aluminum:aluminum. If it adds, there is an operation which reacts with stabilization and N of deoxidation of steel, forms AlN, and makes crystal grain detailed. In order to acquire such effectiveness certainly, as for aluminum, it is desirable to consider as 0.005% or more of content. However, since toughness came to have deteriorated in addition to said effectiveness being saturated when the content exceeded 0.05%, the content of aluminum was made into 0.05% or less.

[0056] It is not necessary to add Pb:Pb. Since a lubrication action will be produced between processed steel materials and a tool if it adds, the machinability of steel improves. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Pb, it is desirable to consider as 0.02% or more of content. However, if the content exceeds 0.35%, the cleanliness of steel will fall and toughness will also come to fall further. Therefore, the upper limit of Pb content was made into 0.35%.

[0057] It is not necessary to also add Bi:Bi. Since a lubrication action will be produced between processed steel materials and a tool like Pb if it adds, the machinability of steel improves. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Bi, it is desirable to consider as 0.02% or more of content. However, if the content exceeds 0.20%, the cleanliness of steel will fall and toughness will also come to fall further. Therefore, the upper limit of Bi content was made into 0.20%.

[0058] S: It is not necessary to add S. If it adds, it has the operation which forms Mn and a compound and raises the machinability of steel. In order to acquire this effectiveness certainly, as for S, it is desirable to consider as 0.02% or more of content. However, since the cleanliness of steel fell and toughness also came to have fallen further when the content exceeded 0.10%, the content of S was made into 0.10% or less.

[0059] It is not necessary to also add Te:Te. If it adds, it has the operation which forms Mn and a compound and raises the machinability of steel. In order to acquire this effectiveness certainly, as for Te, it is desirable to consider as 0.001% or more of content. However, if the content exceeds 0.20%, the cleanliness of steel will fall and toughness will also come to fall further. Therefore, the upper limit of Te content was made into 0.20%.

[0060] It is not necessary to also add calcium:calcium. If it adds, it has the operation which forms Mn and a compound and raises the machinability of steel. In order to acquire this effectiveness certainly, as for calcium, it is desirable to consider as 0.0003% or more of content. However, since the cleanliness of steel fell and toughness also came to have fallen further when the content exceeded 0.01%, the content of calcium was made into 0.01% or less.

[0061] (B) Even if it is the steel which has the chemical composition of the organization above, when it cools to ordinary temperature after processing by the skew rolling machine, by what the organization becomes from the so-called "low-temperature transformation products", such as bainite and martensite, a desired mechanical property (reinforcement and toughness more than the long hollow steel bar in which the type carried out hardening tempering processing conventionally, and an EQC) is not acquired with rolling. Therefore, in order to give a desired mechanical property, the temper processing as a back process will become indispensable, and it will become a cost rise, and will deviate from the purpose of this invention. Furthermore, since the deflection by the transformation strain arises, it bends, and the correction process of picking is needed, and it leads to a cost rise also at this point. Therefore, the organization of steel materials needs to be taken as a ferrite pearlite organization. In this case, if the ferrite grain sizes in a ferrite pearlite organization are the JIS grain-size numbers 6-12, the reinforcement and the toughness of a type equivalent to hardening tempering material will be acquired easily conventionally. On-the-strength-toughness balance worsens [ a ferrite grain size ] by the JIS grain-size number at the case of less than six, and the fall of toughness arises. Since skew rolling must be carried out at low temperature and an anisotropy will be produced in a mechanical property on the other hand for this reason when a ferrite grain size exceeds 12 by the JIS grain-size number, it is not desirable.

[0062] (C) In order to make V fully dissolve into an austenite, it is necessary to make into 950 degrees C or more whenever [ stoving temperature / before carrying out piercing of the piece of round steel or round steel lump which has the chemical composition of the above (A) whenever / rolling (C-1) stoving temperature / by the piercer ], and, whenever [ stoving temperature / before the Rt/Rd ratio which has said chemical composition carries out skew rolling of the 0.1 or more hollow materials ]. On the other hand, at the heating at high temperature exceeding 1250 degrees C, austenite grain growth is remarkable and a desired organization and a desired mechanical property cannot be acquired in the non-[ having cooled after rolling ] temper condition. Therefore, in this invention, the temperature region of said heating is limited to 950-1250 degrees C. In addition, since reduction and coarsening prevention of less than 5 minutes, then surface decarburization can plan the heating up time at the time of heating with rapid heating means, such as energization heating and high-frequency heating, effectiveness is large.

[0063] The steel materials in front of skew rolling may be the once cooled steel pipes, after being punched by plastic working between heat. However, it is desirable to heat the piece of round steel or a round steel lump, for example from a viewpoint of surface quality, such as decarbonization and a surface crack, and to carry out continuously piercer punching and skew rolling which inserted the mandrel. What is necessary is to heat in said temperature region and just to carry out skew rolling from a viewpoint of surface quality, since it is satisfactory in any way even if it is once cooled before carrying out skew rolling when the steel materials in front of skew rolling are hollow materials which carried out plastic working and which were obtained between machining or the cold.

[0064] (C-2) If skew rolling which inserted the skew rolling temperature mandrel is performed at the temperature exceeding 950 degrees C, recrystallization cannot become remarkable and a detailed desired organization and a desired detailed mechanical property cannot be acquired. On the other hand, rolling at the temperature which is less than 700 degrees C will produce an anisotropy in an organization, and an anisotropy will produce it also in the mechanical property

of a product as the result while the deformation resistance of steel materials becomes large and the load to a rolling mill becomes very large. Therefore, temperature of the skew rolling which inserted the mandrel is made into 700-950 degrees C.

[0065] (C-3) If it rolls out with the skew rolling roll of two skew rolling with three skew rolling rolls, rolled stock-ed will expand during rolling in the part which is not in contact with a roll. In order to prevent the expansion, a guide shoe is needed and a crack occurs on the external surface of tubing with a guide shoe. Therefore, it is not desirable to use 2 roll skew rolling method.

[0066] On the other hand, if a skew rolling roll is made into four pieces, the path of structure top each roll must be made small, and it is not suitable for rolling of the minor diameter heavy-gage steel pipe which requires a big load for the reason in respect of reinforcement. The external surface of a rolled steel-ed is not made to generate a crack, and only the skew rolling of 3 roll methods was able to bear the heavy load by rolling of minor diameter heavy-gage steel materials.

Therefore, in this invention, it limits to three rolls.

[0067] (C-4) Use a mandrel as a mandrel inside regulation tool as an inside regulation tool for preventing printing which is easy to generate in long rolling in order to make high dimensional accuracy. If the diameter of an outer diameter is reduced with a roll, naturally the diameter of a bore will also be reduced by coincidence. Since the inside of hollow material deforms freely at this time until an inside contacts a mandrel, a bore carries out dimension fluctuation of the inside with three rolls with diameter reduction at the shape of a spiral. Subsequently, if the inside of hollow material contacts a mandrel, since deformation of an inside will be regulated by the mandrel, high dimensional accuracy can be made to a bore. Moreover, since the field of the mandrel which touches hollow material in the rolling section since a mandrel moves to a rolling direction during rolling turns into an always new field, printing does not occur.

[0068] In addition, as it already described limiting an inside regulation tool to a mandrel, rolling of a long hollow steel bar is based on a difficult thing that it is easy to produce inside printing in the case of a plug.

[0069] (C-5)  $t_0$  of the hollow material as a material of the thickness / "outer-diameter" ( $t_0 / d_0$ ) ratio skew rolling of the hollow material in front of skew rolling /  $d_0$  when a ratio is less than 0.1, the cross section of hollow material deforms in the shape of 5 square shapes during rolling — being the so-called — "it is square and phenomenon" occurs. Therefore,  $t_0 / d_0$  of the hollow material in front of skew rolling The minimum of a ratio is limited to 0.1. In addition, for considering as stable rolling, it is the above  $t_0 / d_0$ . As for a ratio, carrying out to 0.12 or more is desirable.

[0070] By the way, the above  $t_0 / d_0$  So that a ratio is large, after skew rolling although it is heavy-gage, when carrying out heavy-gage punching of the piece of round steel, or the round steel lump by the piercer, the diameter of a plug rod will become thin inevitably to the diameter of a material. Therefore, as for the above-mentioned  $t_0 / d_0$  ratio, carrying out to 0.3 or less is desirable in this case.

[0071] (C-6) The rate of outer-diameter diameter reduction by skew rolling ( $R_d$ )

When  $R_d$  by skew rolling is less than 0.2, since the outer-diameter rolling draft is small, desired heat treated steel and the mechanical property more than equivalent cannot be acquired. Therefore, said minimum of  $R_d$  is set to 0.2.

[0072] if  $R_d$  is made excessive — an inside — since aggravation of description is produced, it is desirable to suppress the upper limit of Above  $R_d$  about to 0.6.

[0073] (C-7) It is important to limit the  $R_t/R_d$  ratio by the thick rolling reduction / "rate of outer-diameter diameter reduction" ( $R_t/R_d$ ) ratio skew rolling by skew rolling in order to realize high dimensional accuracy rolling which used the mandrel. If the large thick rolling reduction  $R_t$  is taken, the expansion by the side of the outer diameter of an ingredient will become large, and dimensional accuracy will get worse. Depending on the ratio ( $R_t/R_d$  ratio) of the thick rolling reduction  $R_t$  and the rate  $R_d$  of outer-diameter diameter reduction, if a  $R_t/R_d$  ratio becomes 0.55 or more, dimensional accuracy will get worse and a spiral-like mark will produce dimensional accuracy in an inside side. Therefore, said  $R_t/R_d$  ratio is regulated less than to 0.55. A desirable  $R_t/R_d$  ratio is 0.50 or less.

[0074] By the way, if it puts in another way, it thickens after rolling and the value of  $R_t$  becomes negative, with a value negative in a  $R_t/R_d$  ratio, when said  $R_t/R_d$  ratio is too small, when the absolute value is large, thickening after skew rolling will become large and desired thickness / "outer-diameter" ( $t_1 / d_1$ ) ratio will not be obtained. For this reason, it is desirable to make the minimum of a  $R_t/R_d$  ratio about into -1.0.

[0075] In addition, using the conventional common sense about the skew rolling using the mandrel represented by the assel mill, it is a key objective to reduce the thickness of hollow material, and diameter reduction processing of an outer diameter is slight, and is reducing the diameter with the sinking mill of a back process etc. Therefore, in the skew rolling using the conventional mandrel mill, the  $R_t/R_d$  ratio serves as a value exceeding 1.0. Consequently, also thermally, the mandrel has received the heavy load also in stress. In the manufacture of a minor diameter heavy-gage steel bar [ as / thickness / whose "outer-diameter" ( $t_1 / d_1$ ) ratio is 0.25 to 0.40 / whose outer diameter is 20-70mm as a product dimension ] made into the object of this invention, the path of a mandrel becomes small inevitably. Therefore, in manufacture of the above mentioned minor diameter heavy-gage steel bar, if rolling for which a  $R_t/R_d$  ratio exceeds 1.0 as usual is performed, since a mandrel will deform, high dimensional accuracy not only no longer being acquired but rolling becomes impossible. Therefore, a  $R_t/R_d$  ratio needs to carry out also from this viewpoint to less than 0.55.

[0076] Although a mandrel becomes an elevated temperature by regulating the above-mentioned  $R_t/R_d$  ratio less than to 0.55, load stress is set to low level and practical use can be enough presented with it in SKD61 class of the tool steel between JIS heat as the material.

[0077] In addition, the direction is good, although especially the configuration of the reduction roll used for this invention is not limited, it does not have a hump like the conventional assel mill roll but the smooth outside configuration is made. As the amount of outer-diameter diameter reduction was regulated in hump height when there was a hump, and it is because it becomes inconvenient for applying the proper amount of diameter reduction according to a scantling and being further pointed out on the trouble of the conventional technique 2, when this has a hump, it is for producing un-arranging fundamentally in rolling of the big hollow steel bar of thickness / "outer-diameter" ( $t_1/d_1$ ) ratio.

[0078] (C-8)  $t_1 / d_1$  of the hollow steel bar after the thickness / "outer-diameter" ( $t_1 / d_1$ ) ratio skew rolling of the hollow steel bar after skew rolling When a ratio is less than 0.25, since thickness is thin, the case where it becomes



impossible to take the cutting cost in post processing depending on the configuration of the last machine structural part arises. It will become impossible furthermore, to also call sufficient thing the endurance (bending force and axial tension) of a machine structural part. On the other hand, it is  $t_1 / d_1$  again. When a ratio exceeds 0.40, with a plastic-working technique current in the manufacture with the effectiveness of lightweight-izing small as [rolling] and it is not easy. Therefore,  $t_1 / d_1$  of the hollow steel bar after skew rolling The ratio was limited with 0.25-0.40.

[0079]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the mimetic diagram showing the process for enforcing the manufacture approach of the hollow steel bar concerning this invention.

[0080] First, as the piece A1 of round steel is heated to predetermined temperature with a heating furnace 11 and it is shown in this drawing (Ha), a plug 12 punches the core of the piece A1 of round steel for this by the piercer, and the hollow material A2 is formed. Subsequently, as shown in this drawing (d), extension rolling is performed with the skew rolling machine which inserts the mandrel 13 which applied lubricant to the hollow material A2, and has three rolls 14, and it considers as hollow steel bar A3 of a product.

[0081] Drawing 2 is drawing for explaining a skew rolling machine, this drawing (\*\*) is the front view seen from the close side of the hollow material A2, a condition while rolling out the hollow material A2 is shown, and this drawing (\*\*) is the side elevation which looked at the sectional view by the A-A line of this drawing (\*\*), and this drawing (Ha) from the B-B line of this drawing (b).

[0082] The mandrel 13 is connected with the thrust block 15 of advance retreat equipment free [rotation], and has enabled migration adjustment of a mandrel 13 along with pass center X-X at the cross direction.

[0083] At the time of rolling, a mandrel 13 is advanced at the rate of a predetermined ratio to the advanced speed of hollow material.

[0084] A roll 14 equips the pars intermedia of the direction of axial length with the gorge section 16, and an inlet-port side [in which a rolling direction close side makes the shape of a smooth approximate circle frustum to which the diameter was reduced] 17, and rolling direction appearance side is gradually equipped with the outlet side 18 which makes the shape of a smooth approximate circle frustum to which the diameter was gradually expanded towards the axis end towards an axis end to this gorge section 16. Each roll 14 is the predetermined decussation angle  $\gamma$  and the predetermined tilt angle  $\beta$ , it is arranged in the circumference of pass line X-X of the hollow material A2 and A3 by abbreviation regular intervals, and a rotation drive is carried out in the direction of an arrow head like drawing 2 R>2 (b) by the driving source which is not illustrated, respectively.

[0085] The barrel shape roll which both sides of the gorge section 16 were turned [roll] to the axis end, respectively, and made the diameter of them reduce gradually as a roll 14 may be used, and the diameter of a rolling direction close side may be made to expand gradually towards shaft width to the gorge section 16, and a rolling direction appearance side may use the roll whose diameter was made to reduce gradually towards an axis end.

[0086] Here, supplementary information is carried out about the deformation condition of the hollow material under rolling. The diameter of an outer diameter and a bore is reduced with three rolls 14, and the hollow material A2 is the thickness  $t_1$  after rolling in that case. Generally it is the thickness  $t_0$  before rolling. There is an inclination thickened a little. Therefore, thickness / "outer-diameter" ratio  $t/d$  will increase by outer-diameter diameter reduction from a material. However, it will be  $t_1$  if it says strictly according to the experiment of this invention person. Change is related to  $t_0 / d_0$ , and  $R_d$ , and is  $t_1$  depending on the combination of  $t_0 / d_0$ , and  $R_d$ .  $t_0$  It may decrease. However, it is  $t_1 / d_1$  in that case.  $t_0 / d_0$  It is increasing, if diameter reduction of a bore advances — a hollow material inside — just — being alike — a mandrel is contacted and a thick draft starts. Then, a bore is corrected by contacting a mandrel and dimensional accuracy is improved also for dimension fluctuation of the inside of the shape of a spiral generated at the time of diameter reduction of the first portion of rolling.

[0087] Hereafter, an example explains this invention still more concretely.

[0088]

[Example] The steel of the chemical composition shown in Table 1 was ingoted by the usual approach. In Table 1, steel A-E is the object steel (henceforth the "this invention steel") of this invention, and the comparison steel with which either of the components separated from steel a-e from the range of the content specified by this invention. In addition, the comparison steel e is steel by S45C of JIS.

[0089] the inside of the steel in the above-mentioned table 1 — steel A-E and steel a-d — the usual approach — slabbing — steel bar rolling was carried out and the steel bar with a diameter of 50mm was manufactured.

[0090] In this way, the obtained steel bar was cut to 1500mm die length, after heating at 1200 degrees C with energization heating or furnace heating on the conditions shown in Table 2, it punched by the usual approach using a piercer, and thickness / "outer-diameter" ratio made it the hollow material of 0.24 with 50mm diameter and 26mm bore. Then, the graphite was used as lubricant, as an inside regulation tool, the mandrel with a diameter of 13mm of SKD61 steel was inserted in said hollow material, and the skew rolling machine typically shown in drawing 1 at the rolling temperature of 1000 degrees C performed skew rolling to the hollow steel bar with an outer diameter [of 35mm], and a bore of 13mm. It is  $R_d=0.3$  of this skew rolling, and  $R_t/R_d=0.28$ .

[0091] Moreover, the steel bar with a diameter of 50mm which is the above, and was made and obtained about the steel A of a publication in Table 1 was cut to 1000mm die length, and the bore considered [the outer diameter] as 26mm (thickness / "outer-diameter" ratio is 0.24) hollow material by 50mm in punching by machining. Subsequently, after heating this at 1200 degrees C with energization heating on the conditions shown in Table 2, the graphite was used as lubricant, as an inside regulation tool, the mandrel with a diameter of 13mm of SKD61 steel was inserted in said hollow material, and the skew rolling machine typically shown in drawing 1 at the rolling temperature of 1000 degrees C performed skew rolling to the hollow steel bar with an outer diameter [of 35mm], and a bore of 13mm. It is  $R_d=0.3$  of this skew rolling, and  $R_t/R_d=0.28$ .

[0092] In addition, each aforementioned skew rolling was carried out on 25% of conditions of an ingredient rate to roll gorge section diameter:180mm, number of roll rotations:150rpm,  $\beta$ :12 roll inclination angles,  $\gamma$ :3 roll decussation angles,

and a mandrel passing speed:rolling direction.

[0093] In this way, as evaluation of the dimensional accuracy of the manufactured hollow steel bar, the hollow steel bar after skew rolling was equally divided into two in the die-length direction, and bore roundness  $\Delta d$  (the maximum bore-minimum bore) of the cross section was measured. Moreover, about the cross section, while observing the existence of square generating visually, the hollow steel bar was cut perpendicularly and the surface situation of an inside was observed. It is because what is necessary is it to be quite good to have used bore roundness as an evaluation index of dimensional accuracy compared with bore precision as for outer-diameter precision, and just to judge it by the quality of bore precision practical by skew rolling here.

[0094] Moreover, the organization observation test piece, the test piece for tensile test of JIS No. 4 half size, and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section of the obtained hollow steel bar, and the trial was presented in ordinary temperature. After gazing at an organization, the degree of hardness (Hv) was measured using the organization observation test piece.

[0095] On the other hand, it was made from the hollow steel bar with an outer diameter [ of 35mm ], and a bore of 13mm manufactured with the skew rolling machine, and it was drawn out and processed into the hollow steel bar with an outer diameter [ of 32mm ], and a bore of 12mm by the usual approach between the colds. The test piece for tensile test of degree-of-hardness (Hv) test piece and JIS No. 4 half size and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section also about the hollow steel bar after drawing out, and the trial was presented in ordinary temperature.

[0096] It draws out with the various properties of the hollow steel bar of a skew rolling as, and the results of an investigation of the various properties of the hollow steel bar after processing are respectively shown in Table 2 and Table 3.

[0097] Next, after carrying out slabbing of steel A-E by the usual approach in the steel in Table 1, steel bar rolling was carried out in the non-recrystallized region, and the non-temper steel bar (solid steel bar) with a diameter of 35mm was manufactured. The steel bar was punched by machining as [ with a diameter of 35mm obtained rolling ], and it was processed into the hollow steel bar with a bore of 13mm. In this way, about the obtained hollow steel bar, the organization observation test piece, the test piece for tensile test of JIS No. 4 half size, and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section, and the trial was presented in ordinary temperature. After gazing at an organization, the degree of hardness (Hv) was measured using the organization observation test piece. The results of an investigation of various properties are shown in Table 4.

[0098] Moreover, it was made from the hollow steel bar with an above-mentioned outer diameter [ of 35mm ], and a bore of 13mm, and it was drawn out and processed into the hollow steel bar with an outer diameter [ of 32mm ], and a bore of 12mm by the usual approach between the colds. The test piece for tensile test of degree-of-hardness (Hv) test piece and JIS No. 4 half size and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section also about the hollow steel bar after drawing out, and the trial was presented in ordinary temperature. The results of an investigation of various properties are shown in Table 5.

[0099] furthermore, the steel e in Table 1 — the usual approach — slabbing — steel bar rolling was carried out and the steel bar (solid steel bar) with a diameter of 35mm was manufactured. The steel bar was punched by machining as [ with a diameter of 35mm obtained rolling ], and it was processed into the hollow steel bar with a bore of 13mm. In this way, about the obtained hollow steel bar, the organization observation test piece, the test piece for tensile test of JIS No. 4 half size, and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section, and the trial was presented in ordinary temperature. After gazing at an organization, the degree of hardness (Hv) was measured using the organization observation test piece. The results of an investigation of various properties are shown in Table 4.

[0100] Furthermore, after carrying out oil-quenching of the hollow steel bar with an above-mentioned outer diameter [ of 35mm ], and a bore of 13mm from 860 degrees C and carrying out tempering processing at 400 degrees C subsequently, it was drawn out and processed into the hollow steel bar with an outer diameter [ of 32mm ], and a bore of 12mm by the usual approach between the colds. The test piece for tensile test of degree-of-hardness (Hv) test piece and JIS No. 4 half size and the test piece for Charpy impact test of JIS No. 3 half size were extracted from the thick center section also about the hollow steel bar after drawing out, and the trial was presented in ordinary temperature. The results of an investigation of various properties are shown in Table 5.

[0101] The hollow steel bar of this invention has good bore dimensional accuracy, and printing has not produced it at all so that clearly from Tables 2-5. Furthermore, it is clear the hollow steel bar's of this invention to have the mechanical engine performance equivalent to the non-temper hollow steel bar punched by machining which used a conventional temper hollow steel bar and the conventional this invention steel. Moreover, the hollow steel bar of this invention is as [ rolling ], and since it is hollow, it is extremely excellent in the viewpoint of a process abbreviation. If rapid short-time heating is carried out with energization heating, surface decarbonization is shallow, and it understands ferrite being also particle size and that effectiveness is also large since it becomes small.

[0102]

[Table 1]

表 1

区分	鋼種	化学組成 (重量%)										残部: Fe 及び不純物					
		C	Si	Mn	Cr	V	N	Cu	Ni	Mo	Nb	Al	Pb	Bi	S	Te	Ca
本発明鋼	A	0.39	0.30	1.57	0.06	0.14	0.013	-	-	0.10	0.026	0.012	-	0.01	-	-	-
	B	0.48	0.75	0.70	0.02	0.16	0.018	0.14	0.07	-	0.020	-	-	-	-	0.10	-
	C	0.34	0.20	1.40	0.43	0.13	0.017	0.06	-	0.03	0.025	0.008	-	-	0.007	-	-
	D	0.36	0.82	1.20	0.83	0.12	0.014	0.05	0.11	-	0.018	0.009	0.30	-	-	-	-
	E	0.37	0.88	1.23	0.92	0.05	0.012	0.23	0.40	0.15	-	0.022	-	-	-	-	0.005
比較例鋼	a	*0.74	0.89	1.57	0.07	0.15	0.012	0.02	-	-	0.020	0.042	-	-	-	-	-
	b	0.40	0.45	*2.20	0.10	*0.60	0.006	-	0.45	0.06	0.012	0.030	-	-	-	-	-
	c	*0.14	*2.00	0.70	0.20	0.20	0.007	0.05	0.60	0.43	0.022	0.025	-	-	-	-	-
	d	0.35	0.85	0.78	*2.20	0.10	*0.002	0.22	0.12	0.60	0.160	0.020	-	-	-	-	-
	e	0.45	0.17	0.86	0.03	* -	0.009	0.07	0.02	0.03	-	0.033	-	-	-	-	-

\*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

[0103]

[Table 2]

表 2

区 分	試 験 番 号	鋼 種	圧 延 条 件			圧 延 ま ま の 特 性										
			加 熱 温 度 (℃)	加 熱 時 間 (分)	傾斜圧延 温 度 (℃)	耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層 脱炭 (mm)	組織	フェラ イト粒 度番号	内 径 真円度 (mm)	角張り の有無
本 発 明 例	1-1	A	1200	2	850/900	550	750	23	48	220	135	0.03	F+P	9.7	0.3	無
	2-1	B	1200	2	850/900	530	730	25	47	200	133	0.04	F+P	11.2	0.3	無
	3-1	C	1200	2	850/900	540	740	24	48	210	145	0.03	F+P	10.3	0.3	無
	4-1	D	1200	4	850/900	580	780	23	45	240	142	0.05	F+P	9.2	0.2	無
	5-1	E	1200	30	850/900	480	798	25	53	180	139	0.20	F+P	8.7	0.2	無
	6-1	A	1200	2	850/900	530	720	26	53	200	145	0.10	F+P	8.5	0.2	無
比 較 例	7-1	*a	1200	2	850/900	690	880	13	38	270	70	0.04	P	-	0.3	無
	8-1	*b	1200	2	850/900	720	930	13	34	290	60	0.04	B	-	0.3	無
	9-1	*c	1200	2	850/900	430	600	28	48	180	145	0.04	F+P	7.2	0.3	無
	10-1	*d	1200	30	850/900	670	860	16	38	270	80	0.22	B	-	0.3	無

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

- ・試験番号5-1と10-1は炉加熱、他は通電加熱。
- ・傾斜圧延温度は、マンドレルを挿入して3個のロールを配した傾斜圧延機により圧延した温度範囲をいう。
- ・組織欄のFはフェライト、Pはパーライト、Bはベイナイトを示す。

[0104]

[Table 3]

表 3

区 分	試 験 番 号	鋼 種	引 き 抜 き 後 の 特 性					
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )
本 発 明 例	1-2	A	705	900	18	47	258	9 5
	2-2	B	695	910	16	48	235	8 9
	3-2	C	705	820	17	49	227	1 0 4
	4-2	D	735	880	17	47	278	9 8
	5-2	E	768	800	18	45	218	8 9
	6-2	A	693	890	18	50	260	8 9
比 較 例	7-2	*a	855	1030	9	38	338	4 0
	8-2	*b	825	1000	7	31	328	3 0
	9-2	*c	588	780	19	46	258	1 1 2
	10-2	*d	815	990	9	29	328	5 0

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0105] <BR> [Table 4]

表 4

区 分	試 験 番 号	鋼 種	圧 延 ま ま の 特 性								
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層 脱炭 (mm)	組織	フェラ イト粒 度番号
比 較 例	11-1	A	520	720	25	55	220	1 4 3	0.18	F+P	7.2
	12-1	B	500	700	27	57	200	1 1 8	0.17	F+P	7.8
	13-1	C	510	710	26	56	210	1 3 0	0.20	F+P	7.3
	14-1	D	550	750	27	53	240	1 3 5	0.20	F+P	7.2
	15-1	E	550	768	27	58	180	1 3 2	0.19	F+P	6.2
	16-1	*e	380	570	28	38	140	1 0 8	0.20	F+P	5.5

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

- ・ 11-1～15-1は非調質棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。
- ・ 16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。
- ・ 組織欄のFはフェライト、Pはパーライトを示す。

[0106]  
[Table 5]

表 5

区 分	試 験 番 号	鋼 種	引 き 抜 き 後 の 特 性					
			耐力	引張 強度	伸び	絞り	硬度	シャルピー 衝 撃 値
			(MPa)	(MPa)	(%)	(%)	(Hv)	(J/cm <sup>2</sup> )
比 較 例	11-2	A	675	870	18	47	278	4 5
	12-2	B	665	880	16	46	285	5 9
	13-2	C	675	800	17	47	257	5 4
	14-2	D	705	850	17	49	268	4 8
	15-2	E	738	770	18	45	241	5 9
	16-2	*e	693	790	19	58	240	8 6

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

- ・ 11-2～15-2は非調質棒鋼を切削で穿孔した中空材を  
引き抜き加工した。16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿  
孔した中空材を引き抜き加工した。

[0107]

[Effect of the Invention] As explained above, the high intensity and the quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar by this invention Piercing is performed to the solid steel bar which has the size near a current final product by cutting. Subsequently, temper processing is performed or it has reinforcement and toughness equivalent to the long hollow steel bar which punches by cutting after temper processing and is used for it as an object for the materials of various machine structural parts, and moreover, since bore dimensional accuracy is good, it can use as a machine structural part. It is possible to use also for components for machine tools, such as components for automobiles, such as a rack bar with which a severe property is demanded also in a machine structural part, an input shaft, a rocker arm shaft, and a piston pin, or a ball screw, of course. This high-intensity and quantity toughness non-temper hollow rolling steel bar can be manufactured by low cost comparatively easily by this invention approach.

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram showing the process of the manufacture approach of the hollow steel bar concerning this invention approach.

[Drawing 2] It is the mimetic diagram showing the rolling condition in a skew rolling machine.

[Drawing 3] It is process drawing of the approach of manufacturing a hollow steel bar by the conventional pass roll train.

[Drawing 4] It is process drawing of the manufacture approach of the seamless steel tubes by the conventional assel mill rolling.

[Drawing 5] It is the sectional view showing typically the situation of rolling by the hump of assel mill rolling.

[Drawing 6] It is the sectional view of the rack bar which punched the conventional temper steel bar by machining, and was manufactured.

[Drawing 7] It is the sectional view of the rack bar manufactured considering the non-temper seamless steel tubes manufactured by the usual approach as a material.

[Drawing 8] It is drawing showing the input shaft of an automobile.

[Description of Notations]

11: Heating furnace

13: Mandrel

14: Skew rolling roll

---

[Translation done.]



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-25541

(43)公開日 平成9年(1997)1月28日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00	3 0 1		C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y
B 2 1 B 1/16			B 2 1 B 1/16	B
19/04			19/04	
C 2 1 D 8/06		9270-4K	C 2 1 D 8/06	A
C 2 2 C 38/24			C 2 2 C 38/24	

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 13 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-175318

(22)出願日 平成7年(1995)7月12日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 訓谷 法仁

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72)発明者 浅川 基男

福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地住友

金属工業株式会社小倉製鉄所内

(72)発明者 古堅 宗勝

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

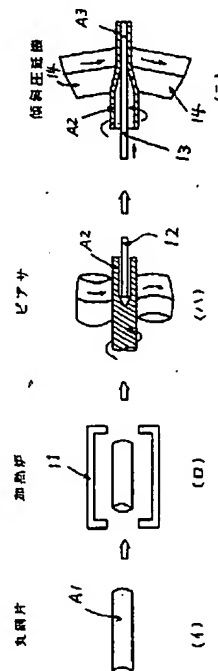
(74)代理人 弁理士 森 道雄 (外1名)

(54)【発明の名称】 高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】外径が20～70mm、長さが2～6m程度で、且つ寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法を提供する。

【構成】①特定の化学組成を有し、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6～12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25～0.40の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼。  
②丸鋼片または丸鋼塊を、特定の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いでマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、特定の温度域で外径縮径率が0.2以上で、且つ「肉厚圧下率/外径縮径率」比が0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えることによって圧延する。「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材を加熱した後、傾斜圧延機を用いて圧延しても良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】重量%で、C:0.20~0.60%、Si:0.05~1.50%、Mn:0.30~2.00%、Cr:0.02~1.00%、V:0.01~0.30%、N:0.005~0.020%、Cu:0.20%以下、Ni:1.0%以下、Mo:0.20%以下、Nb:0.40%以下、Al:0.05%以下、Pb:0.35%以下、Bi:0.20%以下、S:0.10%以下、Te:0.20%以下及びCa:0.01%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物の組成からなり、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25~0.40の高強度・高韌性非調質中空圧延棒鋼。

【請求項2】組成が請求項1に記載の丸鋼片または丸鋼塊を、950~1250℃の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いで内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域で外径縮径率で0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、「肉厚/外径」比が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高韌性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【請求項3】組成が請求項1に記載の「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材を950~1250℃の温度域に加熱した後、内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのバスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域で外径縮径率で0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、「肉厚/外径」比が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高韌性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高強度・高韌性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法に関し、なかでも外径が20~70mmで長さが2~6m程度であって高寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高韌性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法に関する。より詳しくは、現在最終製品に近いサイズを有する中実棒鋼に切削で穿孔加工を行い、次いで焼入れ焼戻しの所謂「調質処理」を施すか、調質処理後に切削で穿孔加工して各種機械構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等以上の強度と韌性を有し、しかも前記の切削による穿孔加工を要しない非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法

に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、機械構造部品は熱間で圧延または鍛造された鋼材に「2、3次加工」と称される処理を施して、すなわち冷間で切削や鍛造などの塑性加工を行うとともに焼入れ焼戻しなどの熱処理を施して、製造されてきた。しかしこの「2、3次加工」は多大のエネルギーを要するとともに工程数が多いため、最終製品の製造コストを高くしてしまう。

【0003】上記の「2、3次加工」を受ける機械構造部品、例えば自動車の操舵装置部品であるラックバーは、従来、図6に示すように、調質した棒鋼を用いてシリンダー部61に空気抜き用の小径の孔63をガンドリルによって穿孔した後、ラック部62にラック歯64を切削加工し、高周波焼入れ、曲がり取りを行って製造されてきた。同じく自動車用部品のひとつであるインプットシャフトも、中実棒鋼に焼ならし処理を行った後で外面切削と中心部ガンドリル加工を施して製造されている。更に、ピストンピンも小径サイズのものは中実棒鋼を冷間鍛造で穿孔し、また大型サイズのものは切削により穿孔し、次いでブローチ加工した後、焼入れ焼戻し処理を行って製造されている。

【0004】そのため、先ず第一に焼入れ焼戻しなどの熱処理工程を省略して消費エネルギーと製造処理工程の削減を図ろうとする動きが大きくなり、熱間での圧延や鍛造加工のままで熱処理した鋼材と同等の機械的性質を備えた非調質鋼材やその製造方法が提案されてきた。

【0005】例えば、特開昭61-170513号公報に提案された「高強度非調質棒鋼の製造方法」がそれに該当する。この公報に記載の提案は、中炭素鋼に微量のVとともに比較的多量のSを含有させた鋼材に加工温度を規定した熱間での圧延と鍛造を行い、更に鍛造後の冷却条件を規定して熱間鍛造ままで高強度で韌性、延性に優れた非調質棒鋼を得ようとするものである。こうした提案によって確かに熱処理、なかでも「調質処理」の省略が図れ、機械構造部品の製造コストの削減が可能となった。しかしながら従来のこの種の非調質鋼材やその製造方法に関する提案は、いずれも中実鋼材を対象とするものでしかなかった。

【0006】一方、特開昭61-264130号公報には、特定の化学組成を有する鋼材を3個または4個のロールをほぼ等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて延伸圧延して、従来の孔型圧延機を用いる場合に比較して少ない加工度で、且つ焼ならし処理を施した場合と同等の機械的性質を有する非調質圧延棒鋼を得る方法が提案されている。この方法は中実棒材を素材として成品として中実棒材を得るだけでなく、中空棒材を素材として成品としての中実棒材を得る場合にも適用し得るとの記載がある。しかし、前記公報における提案は「非調質圧延棒鋼」とは称するが、その実体は焼入れ焼戻しの「調質処

理」の前処理として行われていた「焼ならし」を省略できるだけのものであり、従って、成品としての中空棒材を得ることができても、単に切削による穿孔加工を省略できるだけで、依然として調質処理を行わねばならないものであった。更に、前記の方法で得た中空棒材の圧延ままの寸法精度（偏肉や内径真円度など）は、例えば自動車の重要保安部品用途には必ずしも充分とはいえないものであった。

【0007】一方、前記したガンドリルによる穿孔加工は、ラックバーやインプットシャフトなどの機械構造用部品において、その軸方向に液体や気体を供給するための孔を加工するのに必要な工程とされてきた。更に、最近では特に自動車部品に対して、地球環境の保全、高速運転化や快適なドライブ性などを目的に、これを軽量化して自動車全体を軽量化したいとする要求が大きくなっている。従って、前記のガンドリルによる穿孔加工は、軽量化の観点から要求される中空化に対しても効果を有するものであった。しかし、前記の穿孔加工工程も消費エネルギー、製造工程の削減、歩留まり向上を図る上では大きな障害である。加えて、ガンドリルなどによる機械加工では1mを超えるような長尺材の穿孔は寸法精度の面で極めて問題があり、実質的に長尺材の穿孔は不可能であった。

【0008】そのため、例えば特開平5-345231号公報において、通常の方法で製造した非調質継目無鋼管を素材とするラックバーの製造方法が開示されている。すなわち図7に示すように、「ラック歯型に切削可能な肉厚を有する非調質継目無鋼管を素材とし、ラック歯切削部72をラック歯型に切削可能な肉厚のままでラック歯切削高さh7まで平坦状に塑性加工するとともに、シリンダー部71に減肉塑性加工を施した後ラック歯の切削加工を施す」か、「冷間引き抜き加工によりラック歯切削部72がラック歯型に切削可能な肉厚とし、シリンダー部71が薄肉の異形管に加工した後、ラック歯の切削加工を施す」製造方法が提案されている。

【0009】しかし通常の方法で製造された継目無鋼管の内面形状は綺麗な円形でないため、熱間圧延ままの継目無鋼管を素材として前記公報に記載の方法で製造したラックバーは、捻り強度が低いという問題を抱えていた。そのため内面形状の精度を上げるため冷間での加工が必須であって、必ずしも工程やコストの削減にはつながらないものであった。

【0010】また、例えばインプットシャフト（図8参照）やロッカーアームシャフトのようにその外面側に段付き切削加工を施す部品に関しては、通常の鋼管を素材とした場合「肉厚/外径」比の小さい薄肉鋼管では、削り代が無く段付き加工そのものが不可能である。

【0011】このため通常の継目無鋼管とは異なって「肉厚/外径」比が大きく、しかも長尺の中空棒鋼に対する要求が極めて高くなっている。

【0012】塑性加工によって厚肉の中空棒鋼や継目無鋼管を製造する主な従来技術としては、次の4つの方法がある。

【0013】1つ目の方法（以下、従来技術1という）の工程図を図3に示す。従来技術1は、孔型ロール列により中空棒鋼を製造するもので、図3（イ）に示すように、ドリルによる機械加工で鋼片B1を穿孔して、角形の中空素材B2を製作し、次に同図（ロ）に示すように中空素材B2にマンガン鋼などのような熱膨張係数の大きい材質の芯金31を挿入し、これを加熱炉中で所要温度に加熱した後（同図（ハ））、同図（ニ）に示すように孔型ロール列を用いて所定の寸法に圧延し、冷却後同図（ホ）に示すように前記芯金31を抜き取って中空棒材B3を製造する方法である。しかしこの従来技術1による方法では、孔型ロール列での圧延時に、芯金31自体も塑性変形するため製品の肉面寸法精度が悪化して偏肉を発生するという問題がある。更に、芯金31は塑性変形するため使い捨てることになり、工具原単位が高く不経済であるという問題点も有する。

【0014】2つ目の方法（以下、従来技術2という）は、通常アッセルミル圧延と呼ばれる比較的肉厚の継目無鋼管を製造する方法で、その工程を図4に示す。

【0015】従来技術2は内面規制工具としてマンドレルを用いる傾斜圧延法で、その技術内容は第3版鉄鋼便覧第3巻2、984～996ページ（日本鉄鋼協会編、昭和55年11月20日発行）に詳しく記載されている。以下、前記文献を参考にして説明する。アッセルミル圧延は、継目無鋼管の中では比較的肉厚の鋼管、特に軸受用鋼管の製造に適していると言われている。

【0016】図4に示すように、丸鋼片C1は同図（ロ）の加熱炉に装入後、所要温度に加熱され、続いて同図（ハ）のマンネスマンピアサによって穿孔されて素管C2となる。次に、この素管C2に同図（ニ）のようにマンドレル41を挿入し、ハンブと呼ばれる特殊形状を有するロール42を組込んだアッセルミルで外径及び肉厚を圧下して管C3とする。圧延後にマンドレル41は管C3から抜き取られ、同図（ホ）の再加熱炉で管C3を加熱した後、同図（ヘ）に示すようにシンキングミルで外径を縮径して中空材C4となし、次いで同図（ト）のロータリサイザで外径を目標寸法に仕上げ管製品C5を製造する。

【0017】従来技術2の方法によって厚肉の中空棒材を製造する場合にも以下のような問題点がある。

【0018】アッセルミル圧延の最大の特徴は、図5に示すハンブと呼ばれる段差を有するロール42によって圧延することである。このハンブの作用は、この部分で急激に肉厚加工を行い、材料を積極的に管軸方向に延ばして、外径側への膨張を防止しながら圧延を行うことであるとされている。ハンブを有しないロールで大きな肉厚加工を行うと、材料の外径側への膨張変形が大き

なって管の寸法精度が悪化し、甚だしい場合には材料後端部の圧延時に断面が三角形状のふくれ（フレアと称される）が発生し、圧延不能に至る場合もある。

【0019】ハンブ部での外径と肉厚の圧下量は、ハンブ高さ $h$ にほぼ等しい量になると言われており、その結果、外径縮径率 $Rd$ と肉厚圧下率 $Rt$ を比較すると、一般に $Rt$ の方が大きくなっている。

【0020】なお、 $Rd = (d_0 - d_1) / d_0$ 、 $Rt = (t_0 - t_1) / t_0$ で、 $d_0$ は中空材の圧延前の外径、 $d_1$ は中空材の圧延後の外径、 $t_0$ は中空材の圧延前の肉厚、 $t_1$ は中空材の圧延後の肉厚である。

【0021】また、アッセルミルの圧延前の「肉厚／外径」比 $t_0 / d_0$ と、圧延後の「肉厚／外径」比 $t_1 / d_1$ はほぼ等しく、一般には圧延後の方が小さくなると言われている。

【0022】そのために、「肉厚／外径」比の異なる管を製造するには、素管の穿孔圧延段階での $t_0 / d_0$ を圧延後の $t_1 / d_1$ に近い寸法に穿孔する必要がある。従って、アッセルミル圧延後の $t_1 / d_1$ の大きな製品を得るには穿孔材、換言すればアッセルミル圧延前の $t_0 / d_0$ を大きなものとする必要がある。すなわち、ピアサで厚肉穿孔をしなければならず、このためブラグロッド径は必然的に細くなって、穿孔時のスラスト荷重によるロッドの座屈の問題から、ピアサでの厚肉材の穿孔には自ら限界が生じてしまうという問題がある。

【0023】3つ目の方法（以下、従来技術3という）は、特開昭59-4905号公報に開示されている方法であって、穿孔して得た中空素材を内面規制工具を用いることなく、目標とする仕上げ外径および肉厚に応じて、交叉角 $\gamma$ および傾斜角 $\beta$ （図2参照）が調整可能な3個または4個のコーン型ロールを有する傾斜圧延機によって、中空棒材の外径と肉厚を減じて目標寸法に仕上げる厚肉中空棒材の製造方法である。

【0024】上記したように、従来技術3の方法は内面規制工具を使用しないで傾斜圧延することを特徴としている。前記公報に記載されているように、交叉角と傾斜角の組合わせを変えると目標とする平均的な寸法の小径厚肉鋼管を得ることは可能である。しかし、本発明者らがこの方法に関し詳細な実験・研究を行った結果、内面規制工具を用いない場合には、圧延中に中空材の内面は自由に変形できるので内面形状は不安定になってその寸法精度が悪化することが明らかになった。すなわち従来技術3の方法は、高い寸法精度を必要としない中空棒材の製造方法としては確かに優れたものではあるが、高寸法精度を要する中空棒材の製造に対しては必ずしも適したものではないのである。

【0025】4つ目の方法（以下、従来技術4という）は、特開平4-135004号公報に開示されている方法であって、管の内面規制工具としてブラグを用い、3個のロールを有する傾斜圧延機によって素管の外径を減

じて目標寸法に仕上げる継目無管の傾斜圧延方法である。

【0026】しかし、本発明者らの詳細な実験によって、管の内面規制工具としてブラグを用いた場合は圧延に供されるブラグ面は局部に限定されるため、圧延前にブラグに熱間潤滑剤を十分に塗布したとしても圧延中に潤滑剤が消費されてしまい、特に長尺の小径厚肉中空材の圧延においてはブラグに焼付きを生じてしまうことが判明した。従って、実用的な長尺の中空棒材の製造方法としては従来技術4の方法も適しているとは言えないものである。

【0027】更に、上記した従来技術1～4では、その熱間加工前の加熱が長時間加熱それも複数回の加熱であることが多く、そのため機械構造部品として使用する際に問題となる表面脱炭が顕著となって、表面硬度の低下や疲労強度の低下といった問題も含んでいるものでもあった。

【0028】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上記の現状に鑑みなされたもので、産業界で需要の多い、外径が20～70mm、長さが2～6m程度で、且つ高寸法精度を有する小径厚肉長尺の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及びその製造方法を提供することを課題とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】本発明者は、先ず傾斜圧延機を用いて小径厚肉中空圧延棒鋼を高精度に、しかも安価に製造することのできる方法につき実験、検討を重ねた。その結果、圧延後の「肉厚／外径」比 $t_1 / d_1$ が0.25～0.4であるような厚肉小径の中空棒材の傾斜圧延において下記①～④の知見を得るに至った。

【0030】①断面が5角形状に変形する角張り現象を防止するためには、素材として「肉厚／外径」比が0.1以上の中空材を用いなければならない。

【0031】②寸法精度は「肉厚圧下率（ $Rt$ ）／外径縮径率（ $Rd$ ）」比に依存し、 $Rt / Rd$ 比が0.55以上になると顕著に寸法精度が悪化し、内面側にスパイラル状のマークが発生する。

【0032】③製品が小径厚肉管の場合にあっては、内面規制工具としてのマンドレルも小径となり、且つ荷重が極めて大となるため、 $Rt / Rd$ が0.55未満となるように、減肉加工を比較的小さくしなければならない。

【0033】④素材として、「肉厚／外径」比が0.1以上の中空材を用い、且つ前記 $Rt / Rd$ 比が0.55未満の条件で、内面規制工具としてマンドレルを用いて傾斜圧延を行うと、高寸法精度の中空棒鋼が得られる。この場合には、その後の矯正工程は不要である。

【0034】そこで次に、傾斜圧延機を用いて製造した小径厚肉中空圧延棒鋼に対して非調質すなわち圧延のままで、従来タイプの焼入れ焼戻し処理を施して各種機械

構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等以上の強度と靱性を付与するための化学組成と組織並びに圧延条件に関して検討を行った。その結果、下記⑤～⑧の知見を得た。

【0035】⑤C、Si、Mn、Cr、VおよびNを必須成分として添加し、且つその含有量を適正範囲に調整しなければならない。

【0036】⑥上記の化学組成を有する素材の圧延前加熱温度の制御が必要である。

【0037】⑦傾斜圧延機での圧延温度と外径縮径率を規制することが重要である。

【0038】⑧圧延後の組織をフェライト・パーライトとなし、且つフェライトの結晶粒度を適正領域に調整しなければならない。

【0039】上記知見に基づく本発明は、下記(1)に示した高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼及び(2)、(3)に示した高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法を要旨とする。

【0040】(1)重量%で、C:0.20~0.60%、Si:0.05~1.50%、Mn:0.30~2.00%、Cr:0.02~1.00%、V:0.01~0.30%、N:0.005~0.020%、Cu:0.20%以下、Ni:1.0%以下、Mo:0.20%以下、Nb:0.40%以下、Al:0.05%以下、Pb:0.35%以下、Bi:0.20%以下、S:0.10%以下、Te:0.20%以下及びCa:0.01%以下を含有し、残部はFe及び不可避不純物の組成からなり、組織がフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12であり、且つ「肉厚/外径」比が0.25~0.40の高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼。

【0041】(2)組成が上記(1)に記載の丸鋼片または丸鋼塊を、950~1250℃の温度域に加熱した後ピアサで穿孔して「肉厚/外径」比が0.1以上の中空材となし、次いで内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのパスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域で外径縮径率(Rd)が0.2以上、「肉厚圧下率/外径縮径率」(Rt/Rd)比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、圧延後の「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【0042】(3)組成が上記(1)に記載の圧延前の「肉厚/外径」比 $t_0/d_0$ が0.1以上の中空材を950~1250℃の温度域に加熱した後、内面規制工具としてマンドレルを前記中空材に挿入し、そのパスライン周りに臨ませて3個のロールを等間隔に配設した傾斜圧延機を用いて、700~950℃の温度域でRdで

0.2以上、 $Rt/Rd$ 比で0.55未満の縮径加工と肉厚加工を加えて、圧延後の「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ が0.25~0.40、且つ組織をフェライト・パーライトでしかも前記フェライトの結晶粒度がJIS粒度番号6~12となす高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼の製造方法。

【0043】上記の(1)~(3)の各要件について、その作用効果とともに以下で詳しく説明する。なお、成分含有量の「%」は「重量%」を意味する。

【0044】(A)化学組成

C: Cは強度および靱性を支配する重要な元素である。所望の強度を得るには、0.20%以上含有することが必要である。しかし含有量が0.60%を超えるとパーライト分率の増加が起こり、靱性の劣化をきたすことになる。従って、Cの含有量を0.20~0.60%とした。

【0045】Si: Siは鋼の脱酸の安定化及び強度の向上を図る作用がある。しかし、その含有量が0.05%未満では所望の効果が得られず、1.50%を超えると靱性の低下を招くようになるので、Siの含有量を0.05~1.50%とした。

【0046】Mn: Mnは強度を高める作用を有する。しかし、その含有量が0.30%未満では所望の効果が得られず、2.00%を超えると焼入れ性が著しく高くなって所望の組織と機械的性質が得られなくなる。従って、Mnの含有量を0.30~2.00%とした。

【0047】Cr: CrはMnと同様に強度を高める作用がある。しかし、その含有量が0.02%未満では所望の効果が得られない。一方、1.00%を超えて含有させると、焼入れ性が著しく上昇して所望の組織と機械的性質が得られなくなる。従って、Crの含有量を0.02~1.00%とした。

【0048】V: Vはオーステナイト相からフェライト相への変態の際に析出する窒化物や炭窒化物がフェライト相に分散析出してフェライトを強化する。また結晶粒の微細化を促進して強度と靱性を向上させる作用を有する。しかし、その含有量が0.01%未満では添加効果に乏しく、一方、0.30%を超えて含有させても強度向上効果は飽和し、製造コストを上昇させるだけであるため、Vの含有量を0.01~0.30%とした。

【0049】N: NはVとフェライト中で窒化物や炭窒化物を形成し強度を高めるとともに結晶粒を微細化して鋼を強靱化する作用がある。しかし、その含有量が0.005%未満では所望の効果が得られず、0.02%を超えると却って靱性の低下をもたらすようになるので、Nの含有量を0.005~0.02%とした。

【0050】Cu: Cuは添加しなくても良い。添加すれば強度、靱性及び耐候性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Cuは0.01%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を

超えると熱間加工性が低下し、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Cu含有量の上限を0.20%とした。

【0051】Ni: Niは添加しなくても良い。添加すれば焼入れ性、強度、靱性及び耐候性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Niは0.05%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が1.0%を超えるとベイナイト変態が生じ易くなって靱性を逆に劣化させ、また製造コストも上昇するばかりとなる。

【0052】従って、Ni含有量の上限を1.0%とした。

【0053】Mo: Moは添加しなくても良い。添加すれば焼入れ性、強度、靱性及び耐候性の向上に寄与する。この効果を確実に得るには、Moは0.03%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えるとベイナイト変態が生じ易くなって靱性を逆に劣化させ、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Mo含有量の上限を0.20%とした。

【0054】Nb: Nbは添加しなくても良い。添加すればその窒化物や炭窒化物がオーステナイト結晶粒の粗大化を抑制するとともに析出強化に寄与する。この効果を確実に得るには、Nbは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.40%を超えると強度向上効果は飽和し、製造コストが上昇するばかりとなる。従って、Nb含有量の上限を0.40%とした。

【0055】Al: Alは添加しなくても良い。添加すれば鋼の脱酸の安定化及びNと反応してAlNを形成し結晶粒を微細化する作用がある。こうした効果を確実に得るには、Alは0.005%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.05%を超えると前記効果が飽和することに加えて靱性が劣化するようになるので、Alの含有量を0.05%以下とした。

【0056】Pb: Pbは添加しなくても良い。添加すれば被加工鋼材と工具との間に潤滑作用を生じるので鋼の被削性が向上する。この効果を確実に得るには、Pbは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.35%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に靱性も低下するようになる。従って、Pb含有量の上限を0.35%とした。

【0057】Bi: Biも添加しなくても良い。添加すればPbと同様に被加工鋼材と工具との間に潤滑作用を生じるので鋼の被削性が向上する。この効果を確実に得るには、Biは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に靱性も低下するようになる。従って、Bi含有量の上限を0.20%とした。

【0058】S: Sは添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を

有する。この効果を確実に得るには、Sは0.02%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.10%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に靱性も低下するようになるので、Sの含有量を0.10%以下とした。

【0059】Te: Teも添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を有する。この効果を確実に得るには、Teは0.001%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.20%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に靱性も低下するようになる。従って、Te含有量の上限を0.20%とした。

【0060】Ca: Caも添加しなくても良い。添加すればMnと化合物を形成して鋼の被削性を向上させる作用を有する。この効果を確実に得るには、Caは0.0003%以上の含有量とすることが好ましい。しかし、その含有量が0.01%を超えると鋼の清浄度が低下し、更に靱性も低下するようになるので、Caの含有量を0.01%以下とした。

【0061】(B)組織

上記の化学組成を有する鋼であっても、傾斜圧延機による加工の後常温まで冷却した時、その組織がベイナイトやマルテンサイトといった所謂「低温変態生成物」からなるものでは、圧延のままでは所望の機械的性質（従来タイプの焼入れ焼戻し処理した長尺中空棒鋼と同等以上の強度と靱性）が得られない。従って、所望の機械的性質を付与するためには後工程としての調質処理が必須となってコストアップとなり本発明の目的から逸脱してしまう。更に、変態歪による曲がりが生ずるため曲がり取りの矯正工程が必要となり、この点でもコスト上昇につながる。従って、鋼材の組織はフェライト・パーライト組織とする必要がある。この場合、フェライト・パーライト組織におけるフェライト結晶粒度がJIS粒度番号6~12であれば従来タイプの焼入れ焼戻し材と同等の強度と靱性が容易に得られる。フェライト結晶粒度がJIS粒度番号で6未満の場合には強度-靱性バランスが悪くなり靱性の低下が生じる。一方、フェライト結晶粒度がJIS粒度番号で12を超える場合は低温で傾斜圧延しなければならず、このため機械的性質に異方性を生じることになるので好ましくない。

【0062】(C)圧延

(C-1)加熱温度

上記(A)の化学組成を有する丸鋼片または丸鋼塊をピアサで穿孔加工する前の加熱温度、及び前記化学組成を有するRt/Rd比が0.1以上の中空素材を傾斜圧延する前の加熱温度は、Vをオーステナイト中へ充分に固溶させるために950℃以上とする必要がある。一方、1250℃を超える高温加熱では、オーステナイト粒の成長が著しく、圧延後に冷却したままの非調質状態では所望の組織と機械的性質を得ることができない。従っ



て、本発明においては前記加熱の温度域を950～1250℃に限定する。なお、通電加熱や高周波加熱などの急速加熱手段により加熱時の昇温時間を5分以内とすれば、表面脱炭の低減や結晶粒粗大化防止が図れるため効果が大きい。

【0063】傾斜圧延前の鋼材は、熱間での塑性加工によって穿孔された後に一旦冷却された鋼管であっても良い。しかし、例えば脱炭や表面疵といった表面品質の観点からは丸鋼片または丸鋼塊を加熱し、ピアサ穿孔とマンドレルを挿入した傾斜圧延とを連続的に実施することが望ましい。傾斜圧延前の鋼材が機械加工あるいは冷間で塑性加工して得た中空素材である場合には、傾斜圧延する前に一旦冷却されていても表面品質の観点からは何ら問題がないため、前記温度域に加熱して傾斜圧延すれば良い。

#### 【0064】(C-2) 傾斜圧延温度

マンドレルを挿入した傾斜圧延を、950℃を超える温度で行うと再結晶が著しくなって所望の微細な組織と機械的性質を得ることができない。一方、700℃を下回る温度での圧延は鋼材の変形抵抗が大きくなって圧延機への負荷が極めて大きくなるとともに、組織に異方性を生じその結果として製品の機械的性質にも異方性が生じてしまう。従って、マンドレルを挿入した傾斜圧延の温度を700～950℃とする。

#### 【0065】(C-3) 3個の傾斜圧延ロールによる傾斜圧延

2個の傾斜圧延ロールで圧延を行うと、圧延中に被圧延材がロールに接していない部分で膨張する。その膨張を防止するためには、ガイドシューが必要となり、ガイドシューにより管の外面に疵が発生する。従って、2ロール傾斜圧延方式を用いるのは好ましくない。

【0066】一方、傾斜圧延ロールを4個にすると、構造上各ロールの径を小さくしなければならず、そのため大きな荷重がかかる小径厚肉鋼管の圧延には強度の点で適さない。被圧延鋼材の外面に疵を発生させることがなく、小径厚肉鋼材の圧延による高負荷に耐えられるのは3ロール方式の傾斜圧延のみであった。従って、本発明では3ロールに限定する。

#### 【0067】(C-4) 内面規制工具としてのマンドレル

内面規制工具としてマンドレルを用いるのは、高寸法精度に仕上げるため及び長尺の圧延に発生しやすい焼付きを防止するためである。ロールで外径を縮径すると当然同時に内径も縮径される。この時、中空材の内面は、内面がマンドレルに接触するまでの間は自由に變形するから、縮径とともに内面は、3ロールによりスパイラル状に内径が寸法変動する。次いで、中空材の内面がマンドレルに接触すると、マンドレルで内面の變形は規制されるので、内径を高寸法精度に仕上げるができる。また、圧延中はマンドレルは圧延方向に移動するので、圧

延部で中空材と接するマンドレルの面は常時新しい面となるので焼付きが発生しない。

【0068】なお、内面規制工具をマンドレルに限定するのは、既に述べたようにプラグの場合には内面焼付きを生じ易く長尺中空棒鋼の圧延は困難なことによる。

#### 【0069】(C-5) 傾斜圧延前の中空素材の「肉厚/外径」( $t_0/d_0$ )比

傾斜圧延の素材としての中空材の $t_0/d_0$ 比が0.1未満の場合には、圧延中に中空材の断面が5角形状に変形する所謂「角張り現象」が発生する。従って、傾斜圧延前の中空素材の $t_0/d_0$ 比の下限を0.1に限定する。なお、安定した圧延とするには上記 $t_0/d_0$ 比は0.12以上とするのが好ましい。

【0070】ところで、上記 $t_0/d_0$ 比が大きいかほど傾斜圧延後厚肉とすることができ、丸鋼片または丸鋼塊をピアサで厚肉穿孔する場合には、素材径に対しプラグロッド径が必然的に細くなってしまふ。従って、この場合には、上記 $t_0/d_0$ 比は0.3以下とすることが好ましい。

#### 【0071】(C-6) 傾斜圧延による外径縮径率( $R_d$ )

傾斜圧延による $R_d$ が0.2未満の場合、外径圧下量が小さいため所望の調質鋼と同等以上の機械的性質を得ることができない。従って、前記 $R_d$ の下限を0.2とする。

【0072】 $R_d$ を過大にすると内面性状の悪化を生ずるので、上記 $R_d$ の上限を0.6程度に抑えることが好ましい。

#### 【0073】(C-7) 傾斜圧延による「肉厚圧下率/外径縮径率」( $R_t/R_d$ )比

傾斜圧延による $R_t/R_d$ 比を限定することは、マンドレルを用いた高寸法精度圧延を実現するために重要である。肉厚圧下率 $R_t$ を大きくすると、材料の外径側への膨張が大きくなり寸法精度が悪化する。寸法精度は肉厚圧下率 $R_t$ と外径縮径率 $R_d$ の比( $R_t/R_d$ 比)に依存し、 $R_t/R_d$ 比が0.55以上になると寸法精度が悪化し、内面側にスパイラル状のマークが生ずる。従って、前記 $R_t/R_d$ 比を0.55未満に規制する。望ましい $R_t/R_d$ 比は0.50以下である。

【0074】ところで、前記 $R_t/R_d$ 比が小さすぎる場合、換言すれば圧延後に増肉して $R_t$ の値が負になり $R_t/R_d$ 比が負の値でその絶対値が大きい場合には、傾斜圧延後の増肉が大きくなって所望の「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比が得られなくなる。このため、 $R_t/R_d$ 比の下限を-1.0程度とすることが好ましい。

【0075】なお、アッセルミルに代表されるマンドレルを用いる傾斜圧延に関する従来の常識では、中空材の肉厚を減ずることが主目的となっており、外径の縮径加工はわずかで、後工程のシンキングミルなどで縮径を行っている。従って、従来のマンドレルミルを用いた傾斜

圧延では、 $Rt/Rd$ 比は1.0を超える値となっている。その結果、マンドレルは熱的にも、応力的にも高負荷を受けている。本発明の対象とする、製品寸法として「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比が0.25~0.40、外径が20~70mmのような小径厚肉棒鋼の製造では、マンドレルの径が必然的に小さくなる。従って、前記した小径厚肉棒鋼の製造において、従来と同様に $Rt/Rd$ 比が1.0を超える圧延を行うと、マンドレルが変形してしまうので、高寸法精度が得られなくなるばかりでなく圧延ができなくなる。従って、この観点から

10  $Rt/Rd$ 比は0.55未満とする必要がある。  
【0076】上記の $Rt/Rd$ 比を0.55未満に規制することにより、マンドレルは高温になるが、負荷応力は低いレベルになり、その素材としてはJIS熱間工具鋼のSKD61クラスで充分実用に供することができる。

【0077】なお、本発明に用いる圧延ロールの形状は特に限定するものではないが、従来のアッセルミルロールのようなハンブを有さず滑らかな外面形状をなしているものの方がよい。これは、ハンブがあると外径縮径量がハンブ高さで規制され、材料寸法に応じた適正な縮径量を加えるには不都合となるからであり、更に従来技術2の問題点で指摘したように、ハンブがあると基本的に「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比の大きな中空棒鋼の圧延には不都合を生ずるためである。

【0078】(C-8)傾斜圧延後の中空棒鋼の「肉厚/外径」( $t_1/d_1$ )比

傾斜圧延後の中空棒鋼の $t_1/d_1$ 比が0.25を下回る場合、肉厚が薄いため最終の機械構造部品の形状によっては後加工での切削加工代が取れなくなる場合が生ずる。更に、機械構造部品の耐久性(曲げ力や軸力)も充分なものとは言えなくなってしまう。一方、また、 $t_1/d_1$ 比が0.40を超える場合には圧延までは軽量化の効果が小さく、またその製造は現在の塑性加工技術では容易ではない。従って、傾斜圧延後の中空棒鋼の $t_1/d_1$ 比を0.25~0.40と限定した。

【0079】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る中空棒鋼の製造方法を実施するための工程を示す模式図である。

【0080】先ず、丸鋼片A1を加熱炉11で所定温度に加熱し、これを同図(ハ)に示すように、ピアサで丸鋼片A1の中心部をプラグ12で穿孔して中空素材A2を形成する。次いで、同図(ニ)に示すように、中空素材A2に潤滑剤を塗布したマンドレル13を挿入して3個のロール14を有する傾斜圧延機により延伸圧延を施して製品の中空棒鋼A3とする。

【0081】図2は、傾斜圧延機を説明するための図で、同図(イ)は中空素材A2の入側から見た正面図で、中空素材A2を圧延中の状態を示し、同図(ロ)は同図(イ)のA-A線による断面図、同図(ハ)は同図

(ロ)のB-B線から見た側面図である。

【0082】マンドレル13は、前進後退装置のスラストブロック15に回転自在に連結されており、マンドレル13をバスセンタX-Xに沿って前後方向に移動調整可能としてある。

【0083】圧延時には中空材の前進速度に対して、所定の比率の速度でマンドレル13を前進させる。

【0084】ロール14は軸長方向の中間部にゴージ部16を備え、該ゴージ部16に対し圧延方向入側は軸端に向けて漸次直径が縮小された滑らかな略円錐台状をなす入口面17、圧延方向出側は軸端に向けて漸次直径が拡大された滑らかな略円錐台状をなす出口面18を備え、各ロール14はそれぞれ所定の交叉角 $\gamma$ 、傾斜角 $\beta$ で、中空材A2およびA3のバスラインX-X回りに略等間隔に配設され、図示しない駆動源によりそれぞれ図2(イ)のように矢印方向に回転駆動される。

【0085】ロール14としては、ゴージ部16の両面をそれぞれ軸端に向けて漸次縮径させた樽形ロールを用いてもよく、またゴージ部16に対し圧延方向入側は軸端に向けて漸次縮径させ、圧延方向出側は軸端に向けて漸次縮径させたロールを用いてもよい。

【0086】ここで、圧延中の中空材の変形状態について補足説明する。中空素材A2は3個のロール14で外径と内径が縮径され、その際、圧延後の肉厚 $t_1$ は一般に圧延前の肉厚 $t_0$ より若干増肉する傾向がある。従って「肉厚/外径」比 $t_1/d_1$ は素材より外径縮径によって増大することになる。但し、本発明者の実験によれば厳密に言えば $t_1$ の変化は $t_0/d_0$ 、 $Rd$ に関係し、 $t_1/d_1$ 、 $Rd$ の組合せによっては $t_1$ は $t_0$ より減少することがある。しかしその場合では $t_1/d_1$ は $t_0/d_0$ より増大している。内径の縮径が進行すると、中空材内面についてはマンドレルに接触し肉厚圧下が始まる。その後、圧延の前半部の縮径時に発生したスパイラル状の内面の寸法変動も内径がマンドレルに接触することによって矯正されて寸法精度が改善される。

【0087】以下、本発明を実施例によって更に具体的に説明する。

【0088】

【実施例】表1に示す化学組成の鋼を通常の方法によって溶製した。表1において、鋼A~Eは本発明の対象鋼(以下、「本発明鋼」という)、鋼a~eは成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較鋼である。なお、比較鋼eはJISのS45C相当鋼である。

【0089】上記の表1における鋼のなかで鋼A~E及び鋼a~dを通常の方法によって分塊圧延、棒鋼圧延して直径50mmの棒鋼を製造した。

【0090】こうして得られた棒鋼を1500mm長さ

に切断し、表2に示す条件で通電加熱または炉加熱によって1200℃に加熱した後、ピアサを用いた通常の方

法で穿孔して50mm直径、26mm内径で「肉厚/外径」比が0.24の中空材にした。続いて、黒鉛を潤滑剤とし、内面規制工具として直径13mmのSKD61鋼製のマンドレルを前記中空材に挿入し、圧延温度1000℃で図1に模式的に示した傾斜圧延機で外径35mm、内径13mmの中空棒鋼に傾斜圧延を行った。この傾斜圧延の $Rd=0.3$ 、 $Rt/Rd=0.28$ である。

【0091】また表1に記載の鋼Aに関し、前記のようにして得られた直径50mmの棒鋼を1000mm長さ10に切断し、機械加工による穿孔で外径が50mmで内径が26mm（「肉厚/外径」比は0.24）の中空材とした。次いでこれを表2に示す条件で通電加熱によって1200℃に加熱した後、黒鉛を潤滑剤とし、内面規制工具として直径13mmのSKD61鋼製のマンドレルを前記中空材に挿入し、圧延温度1000℃で図1に模式的に示した傾斜圧延機で外径35mm、内径13mmの中空棒鋼に傾斜圧延を行った。この傾斜圧延の $Rd=0.3$ 、 $Rt/Rd=0.28$ である。

【0092】なお、前記の傾斜圧延はいずれもロールゴ20ージ部直径：180mm、ロール回転数：150rpm、ロール傾斜角 $\beta$ ：12度、ロール交叉角 $\gamma$ ：3度、マンドレル移動速度：圧延方向に材料速度の25%の条件にて実施した。

【0093】こうして製造した中空棒鋼の寸法精度の評価として、傾斜圧延後の中空棒鋼を長さ方向に2等分し、その断面の内径真円度 $\Delta d$ （最大内径-最小内径）を測定した。またその断面について、角張りの発生の有無を目視で観察すると共に、中空棒鋼を縦に切断して内面の表面状況を観察した。ここで、寸法精度の評価指標として内径真円度を用いたのは、傾斜圧延では外径精度は内径精度に比べてかなり良好であり、実用的には内径精度の良否で判断すればよいからである。

【0094】また、得られた中空棒鋼の肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（HV）を測定した。

【0095】一方、傾斜圧延機で製造した外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を素材として、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（HV）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。

【0096】傾斜圧延ままの中空棒鋼の各種特性と引き抜き加工後の中空棒鋼の各種特性の調査結果を各々表2と表3に示す。

【0097】次に、表1における鋼のなかで鋼A～Eを

通常の方法によって分塊圧延した後、未再結晶域で棒鋼圧延して直径35mmの非調質棒鋼（中実棒鋼）を製造した。得られた直径35mmの圧延まま棒鋼を機械加工で穿孔して内径13mmの中空棒鋼に加工した。こうして得られた中空棒鋼について、肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（HV）を測定した。各種特性の調査結果を表4に示す。

【0098】また、上記の外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を素材として、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（HV）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。各種特性の調査結果を表5に示す。

【0099】更に、表1における鋼eを通常の方法によって分塊圧延、棒鋼圧延して直径35mmの棒鋼（中実棒鋼）を製造した。得られた直径35mmの圧延まま棒鋼を機械加工で穿孔して内径13mmの中空棒鋼に加工した。こうして得られた中空棒鋼について、肉厚中央部から組織観察試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。組織を観察した後、組織観察試験片を用いて硬度（HV）を測定した。各種特性の調査結果を表4に示す。

【0100】更に、上記の外径35mm、内径13mmの中空棒鋼を860℃から油焼入れし、次いで400℃で焼戻し処理した後、冷間での通常の方法によって外径32mm、内径12mmの中空棒鋼に引き抜き加工した。引き抜き後の中空棒鋼についても肉厚中央部から硬度（HV）試験片、JIS4号ハーフサイズの引張試験片、JIS3号ハーフサイズのシャルピー衝撃試験片を採取し、常温で試験に供した。各種特性の調査結果を表5に示す。

【0101】表2～5から明らかなように、本発明の中空棒鋼は内径寸法精度が良好で、且つ焼付きが全く生じていない。更に、本発明の中空棒鋼は、従来の調質中空棒鋼や本発明鋼を用いた機械加工で穿孔した非調質中空棒鋼と同等の機械的性能を有していることが明らかである。また、本発明の中空棒鋼は圧延まま中空であるため、工程省略の観点で極めて優れている。通電加熱で急速短時間加熱すれば表層脱炭が浅く、フェライト粒径も小さくなるので効果が大きいことも分かる。

【0102】

【表1】

表 1

区 分	鋼 種	化 学 組 成 (重量%)										残部: Fe及び不純物					
		C	Si	Mn	Cr	V	N	Cu	Ni	Mo	Nb	Al	Pb	Bi	S	Te	Ca
本 発 明 鋼	A	0.39	0.30	1.57	0.06	0.14	0.013	-	-	0.10	0.026	0.012	-	0.01	-	-	-
	B	0.48	0.75	0.70	0.02	0.16	0.018	0.14	0.07	-	0.020	-	-	-	-	0.10	-
	C	0.34	0.20	1.40	0.43	0.13	0.017	0.06	-	0.03	0.025	0.008	-	-	0.007	-	-
	D	0.36	0.82	1.20	0.83	0.12	0.014	0.05	0.11	-	0.018	0.009	0.30	-	-	-	-
	E	0.37	0.88	1.23	0.92	0.05	0.012	0.23	0.40	0.15	-	0.022	-	-	-	-	0.005
比 較 鋼	a	*0.74	0.89	1.57	0.07	0.15	0.012	0.02	-	-	0.020	0.042	-	-	-	-	-
	b	0.40	0.45	*2.20	0.10	*0.60	0.006	-	0.45	0.06	0.012	0.030	-	-	-	-	-
	c	*0.14	*2.00	0.70	0.20	0.20	0.007	0.05	0.60	0.43	0.022	0.025	-	-	-	-	-
	d	0.35	0.85	0.78	*2.20	0.10	*0.002	0.22	0.12	0.60	0.160	0.020	-	-	-	-	-
	e	0.45	0.17	0.86	0.03	*-	0.009	0.07	0.02	0.03	-	0.033	-	-	-	-	-

\*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

[0103]

\* \* [表2]

表 2

区 分	試 験 番 号	鋼 種	圧 延 条 件				圧 延 ま ま の 特 性									
			加 熱 温 度 (℃)	加 熱 時 間 (分)	傾斜圧延 温 度 (℃)	耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層 脱炭 (mm)	組織 フェライト粒 度番号	内 径 真円度 (mm)	角張り の有無	
本 発 明 例	1-1	A	1200	2	850/900	550	750	23	48	220	135	0.03	F+P	9.7	0.3	無
	2-1	B	1200	2	850/900	530	730	25	47	200	133	0.04	F+P	11.2	0.3	無
	3-1	C	1200	2	850/900	540	740	24	48	210	145	0.03	F+P	10.3	0.3	無
	4-1	D	1200	4	850/900	580	780	23	45	240	142	0.05	F+P	9.2	0.2	無
	5-1	E	1200	30	850/900	480	798	25	53	180	139	0.20	F+P	8.7	0.2	無
	6-1	A	1200	2	850/900	530	720	26	53	200	145	0.10	F+P	8.5	0.2	無
比 較 例	7-1	*a	1200	2	850/900	690	880	13	38	270	70	0.04	P	-	0.3	無
	8-1	*b	1200	2	850/900	720	930	13	34	290	60	0.04	B	-	0.3	無
	9-1	*c	1200	2	850/900	430	600	28	48	180	145	0.04	F+P	7.2	0.3	無
	10-1	*d	1200	30	850/900	670	860	16	38	270	80	0.22	B	-	0.3	無

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

・試験番号5-1と10-1は炉加熱、他は通電加熱。

・傾斜圧延温度は、マンドレルを挿入して3個のロールを配した傾斜圧延機により圧延した温度範囲をいう。

・組織欄のFはフェライト、Pはパーライト、Bはベイナイトを示す。

[0104]

[表3]

表 3

区分	試験番号	鋼種	引き抜き後の特性					シャルピー 衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	
本 発 明 例	1-2	A	705	900	18	47	258	95
	2-2	B	695	910	16	48	235	89
	3-2	C	705	820	17	49	227	104
	4-2	D	735	880	17	47	278	98
	5-2	E	768	800	18	45	218	89
	6-2	A	693	890	18	50	260	89
比 較 例	7-2	*a	855	1030	9	38	338	40
	8-2	*b	825	1000	7	31	328	30
	9-2	*c	588	780	19	46	258	112
	10-2	*d	815	990	9	29	328	50

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

[0105]

\* \* [表4]

表 4

区分	試験番号	鋼種	圧延ままでの特性							
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝撃値 (J/cm <sup>2</sup> )	表層 脱炭 (mm)	組織 フェライト粒 度番号
比 較 例	11-1	A	520	720	25	55	220	143	0.18	F+P 7.2
	12-1	B	500	700	27	57	200	118	0.17	F+P 7.8
	13-1	C	510	710	26	56	210	130	0.20	F+P 7.3
	14-1	D	550	750	27	53	240	135	0.20	F+P 7.2
	15-1	E	550	768	27	58	180	132	0.19	F+P 6.2
	16-1	*e	380	570	28	38	140	108	0.20	F+P 5.5

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

・11-1～15-1は非調質棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。

16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿孔して中空材を得た。

・組織欄のFはフェライト、Pはパーライトを示す。

[0106]

[表5]

表 5

区 分	試 験 番 号	鋼 種	引 き 抜 き 後 の 特 性					
			耐力 (MPa)	引張 強度 (MPa)	伸び (%)	絞り (%)	硬度 (Hv)	シャルピー 衝 撃 値 (J/cm <sup>2</sup> )
比 較 例	11-2	A	675	870	18	47	278	45
	12-2	B	665	880	16	46	285	59
	13-2	C	675	800	17	47	257	54
	14-2	D	705	850	17	49	268	48
	15-2	E	738	770	18	45	241	59
	16-2	*e	693	790	19	58	240	86

\*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。

・ 11-2～15-2は非調質棒鋼を切削で穿孔した中空材を  
引き抜き加工した。16-1は通常圧延した棒鋼を切削で穿  
孔した中空材を引き抜き加工した。

## 【0107】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼は、現在最終製品に近いサイズを有する中実棒鋼に切削で穿孔加工を行い、次いで調質処理を施すか、あるいは調質処理後に切削で穿孔して各種機械構造部品の素材用として用いられている長尺中空棒鋼と同等の強度と靱性を有し、しかも内径寸法精度が良好であるので機械構造部品として利用することができる。機械構造部品のなかでも厳しい特性が要求されるラックバー、インプットシャフト、ロッカーアームシャフト、ピストンピンなどの自動車用部品、あるいはボールネジなどの工作機械用部品にも勿論利用することが可能である。この高強度・高靱性非調質中空圧延棒鋼は本発明方法によって、比較的容易に低コストで製造することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法に係る中空棒鋼の製造方法の工程を\*

\*示す模式図である。

【図2】傾斜圧延機での圧延状態を示す模式図である。

【図3】従来の孔型ロール列により中空棒鋼を製造する方法の工程図である。

【図4】従来のアッセルミル圧延による継目無鋼管の製造方法の工程図である。

【図5】アッセルミル圧延のハンブによる圧延の状況を模式的に示す断面図である。

30 【図6】従来の調質棒鋼を機械加工で穿孔して製造されたラックバーの断面図である。

【図7】通常の方法で製造された非調質継目無鋼管を素材として製造されたラックバーの断面図である。

【図8】自動車のインプットシャフトを示す図である。

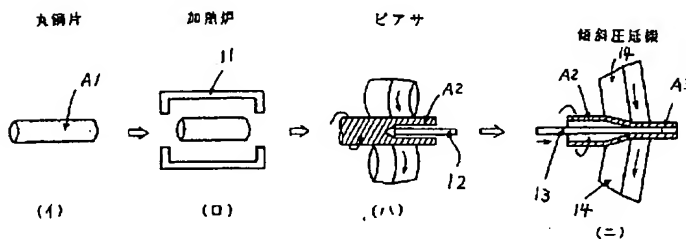
## 【符号の説明】

11：加熱炉

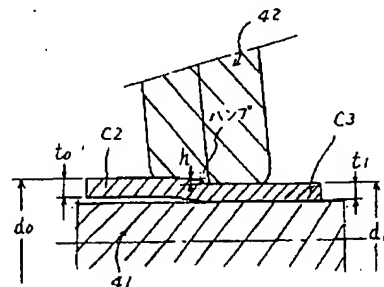
13：マンドレル

14：傾斜圧延ロール

【図1】

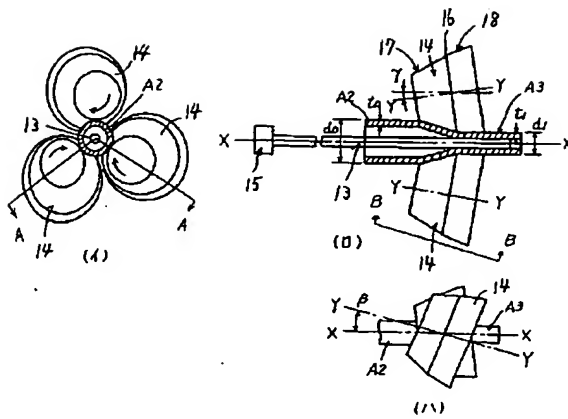


【図5】

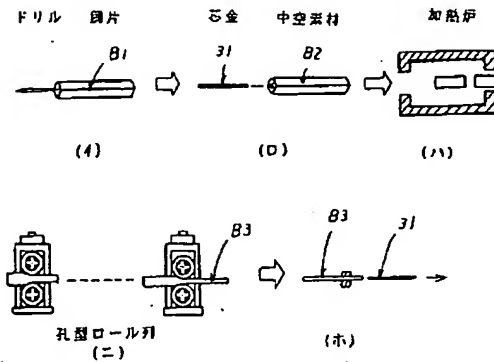




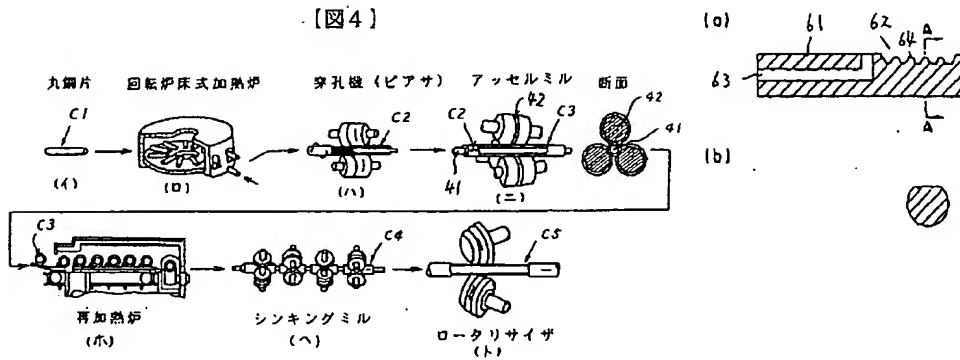
【図2】



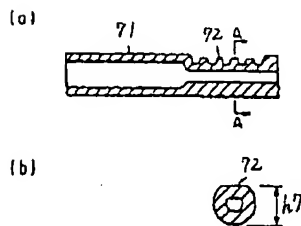
【図3】



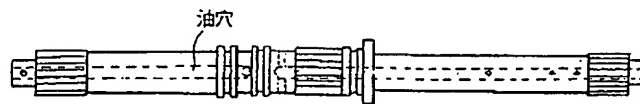
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
C 2 2 C 38/58

識別記号 庁内整理番号

F I  
C 2 2 C 38/58

技術表示箇所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**